

土木研究所報告

第186号

目次

- | | | |
|--------------------------|------|----|
| 1. 地震による間接的な経済被害に関する研究 | 川島一彦 | 1 |
| | 杉田秀樹 | |
| | 加納尚史 | |
| 2. 湖内および湾内に発達する砂嘴地形の変形特性 | 宇多高明 | 59 |
| | 山本幸次 | |
-

平成3年12月

建設省土木研究所

Copyright © 1991 by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

地震による間接的な経済被害に関する研究

川島 一彦*
杉田 秀樹**
加納 尚史***

Evaluation of Economical Indirect Damage Caused by Earthquakes

by Dr. Kazuhiko KAWASHIMA
Hideki SUGITA
and
Takashi KANO

要 旨

地震が社会に与える影響は、従来、主として施設や構造物の被害額として計上されてきたが、地震の影響はこのような施設・構造物の直接被害にとどまらず、もっと広い範囲にわたって社会に影響を与える。本報告は、地震による影響を広い立場からとらえることを目的に、地震が地域の経済に与える影響に着目し、二次的な生産への波及も考慮した経済的な影響の解析方法を提案するとともに、過去に生じた2つの地震に対する適用結果を示すものである。

地震による生産性の低下を整理すると、一般には、産業基盤の損失、運輸基盤の損失、製品・半製品・原材料の損失、の3者によってもたらされる。このため、こうした要因によって直接的に生じる生産性低下（第一次生産減少）と、さらに、第一次生産減少が波及することによって生じる二次的な生産減少を、産業連関分析により解析する。本解析手法を、昭和58年日本海中部地震により被害を受けた秋田県および昭和53年宮城県沖地震により被害を受けた宮城県に適用し、波及効果を含む両県の経済的な損害を算定した。この結果、地震による生産減少額は、生産額ベースでみると、秋田県では3,627億円、宮城県では4,165億円となり、これはそれぞれ秋田県および宮城県内に生じた直接被害額の2.45倍、1.55倍に相当する大きな影響であることが明らかにされた。

キーワード：地震，経済影響，日本海中部地震，宮城県沖地震，間接被害，2次影響

Synopsis

Effects of an earthquake are not necessarily restricted to damage of structures, but extend much further. This report presents a method for estimating indirect economical effects caused by an earthquake. Loss of production may be caused by a decrease of products due to damage of producing facilities, damage of transportation facilities, and damage of materials and goods. Economical impact of investment for restoration on regional

*) 地震防災部耐震研究室長，工博

**) 地震防災部耐震研究室研究員

***）地震防災部耐震研究室（現：東北地方建設局郡山国道工事事務所）

economy has to be also considered. Based on direct loss associated with the damage to production, a secondary "propagating" effect was estimated through an inter-industry relation analysis. The procedure was applied to the Nihon-kai-chubu earthquake of 1983 and the Miyagi-ken-oki earthquake of 1978. It was found from the analysis that the decrease of products including the second propagating effects is about 362.7 billion yen in the Akita-ken and 416.5 billion yen in the Miyagi-ken. The decrease of products corresponds to 2.45 and 1.55 times of the direct damages in the Akita-ken and the Miyagi-ken, respectively.

Key words: Earthquake, Economical Effects, Nihon-kai-chubu Earthquake, Miyagi-ken-oki Earthquake, Indirect Damage, Second Effect.

目 次

1. 概 説	(5)
1.1 本研究の背景と目的	(5)
1.2 関連した既往の研究と本研究との関係	(5)
2. 震災が地域経済に与える影響の構造とその評価方法	(7)
2.1 震災が地域経済に与える影響の構造	(7)
2.2 震災が地域経済に与える影響の評価法	(7)
2.2.1 震災による生産性低下の評価法	(8)
2.2.2 震災による生産減少額の評価法	(9)
2.2.3 震災復旧投資による経済効果の評価法	(11)
3. 日本海中部地震に対する適用例	(12)
3.1 日本海中部地震の概要	(12)
3.2 日本海中部地震による経済被害の概要	(12)
3.2.1 産業関連被害	(12)
3.2.2 運輸関連被害	(14)
3.2.3 ライフライン関連施設被害	(21)
3.2.4 災害復旧	(21)
3.3 日本海中部地震が生じなかったとした場合の秋田県内総生産額の推定	(21)
3.4 日本海中部地震による生産性低下の算定	(21)
3.4.1 生産・販売基盤損失による生産性低下率の算定	(21)
3.4.2 交通施設被害による生産性低下率の算定	(27)
3.4.3 製品・商品被害による生産性低下率の算定	(28)
3.4.4 日本海中部地震による生産減少額の算定	(28)
3.5 公共復旧事業による経済効果	(29)
3.6 民間住宅復旧による経済効果	(34)
3.7 日本海中部地震が秋田県の生産活動に与えた影響	(34)
4. 宮城県沖地震に対する適用例	(35)
4.1 宮城県沖地震の概要	(35)
4.2 宮城県沖地震による経済被害の概要	(35)
4.2.1 産業関連被害	(35)
4.2.2 運輸関連被害	(36)
4.2.3 ライフライン関連施設被害	(40)
4.2.4 災害復旧	(43)
4.3 宮城県沖地震が生じなかったとした場合の宮城県内総生産額の推定	(43)
4.4 宮城県沖地震による生産性低下の算定	(43)
4.4.1 生産・販売基盤損失による生産性低下率の算定	(43)
4.4.2 交通施設被害による生産性低下率の算定	(46)
4.4.3 製品・商品被害による生産性低下率の算定	(47)
4.4.4 宮城県沖地震による生産減少額の算定	(47)
4.5 公共復旧事業による経済効果	(48)
4.6 建築物復旧による経済効果	(53)

4.7	宮城県沖地震が宮城県の生産活動に与えた影響.....	(53)
5.	日本海中部地震による秋田県の実産性低下と宮城県沖地震による 宮城県の生産性低下との比較.....	(54)
6.	結 論.....	(55)
	参考文献.....	(56)

1. 概 説

1.1 本研究の背景と目的

震災が社会に与える影響は非常に複雑でかつ多方面にわたっている。たとえば、各種の施設や製品・商品等の被害額については、一般に震災を受けた地域の国、地方自治体等によって定量的に把握され、直接被害額として計上されてきた。従来の震災調査においては主としてこうした直接被害額を基本に震災の影響が計量化されている。

しかし、地震が社会に与える影響の中にはこのような直接的な被害と同時に、これがさらに他の産業や生産に大きな影響を与えるという側面がある。例えば、道路等の輸送メディアに被害が生じた場合には、これにより輸送力が低下して、このために地震による直接被害が生じなかった産業においても生産高が低下するという二次的な経済波及がこれに相当する。このような二次的な経済波及についてはその因果関係が複雑であり、また、計量化が難しいため、従来、ほとんど研究されていない。しかしながら、地震がどのように地域経済に影響を与えるかを解析するためには、単なる施設等の直接被害よりも、二次的な波及効果の方が大きい場合もあると考えられている。これは、物の被害による影響だけにとどまらず、人的被害についても同様のことが言える。震災により多数の人的被害を受ければ、それだけ生産機会が減少するわけであり、精神的な影響を別にしても、人的被害は社会の生産活動を低下させる1つの要因である。

近年、人口の都市域への集中、システム化・情報化の進展等にともない、震災対策も新たな観点からの取り組みが要求されつつある¹²⁾。たとえば、従来の震災対策では、道路橋などの重要な施設に大地震が発生しても落橋という致命的な崩壊が生じなければよいという考え方で耐震設計が行われてきた。しかしながら、近年、都市域の重要な道路橋では落橋しないだけでなく、震後に十分機能維持できるように耐震化対策を進めることが求められつつある¹³⁾。これは、交通機能が制限された場合の影響が大きいため、単に1橋の被害(復旧費)よりも、機能を保持できないための損失の方がはるかに大きくなるためである。このように、都市化・情報化・システム化の進展につれ、各種の社会活動、生産構造はますます相互依存を強め、道路等公共施設に要求される耐震性の水準も変化してくると考えられる¹⁴⁻¹⁷⁾。

このような点を正しく理解するためには、地震がわれわれの生活にどのような影響を与えるかという点を、従来のような直接被害という観点だけからではなく、もっと広い視点でとらえておく必要がある。

本研究は、産業連関分析の手法を応用して、地震が社会に与える経済的な影響を地域の生産額の減少度合いによって計量化する手法を開発することを目的とするものである。ここで、地震が社会に与える影響を表す指標として生産額を取り上げたのは、生産額が震災の影響を計量化するために取り扱いやすい対象であると同時に、これと従来調査されてきた施設等の直接被害とを比較することにより、震災が地域に与えた影響をもう少し広い立場でみるのが可能になると考えたためである。

1.2 関連した既往の研究と本研究との関係

地震が社会に与える影響を分析し、その中から経済的な影響に着目してこれを定量化しようという具体的な試みは、ごく最近になってから検討が行われ出したといっても過言ではない。まず、水谷は、将来南関東地震が首都圏を襲ったとすれば、日本のみならず世界の経済にいかにより大きなインパクトを与えるかを経済学の立場から検討している¹⁸⁾。水谷の解析は非常に広範な解析であり、南関東地震発生後の時間経過にともなう、日本のみならず累積債務国の経済復旧も含んだ解析であるが、二次的な波及についてもその影響の大きさを指摘している。これによれば、地震により、木造建築の40%、非木造建築の35%が被害を受ければ、被害額は実に80兆円に達し、これは国民総生産の23%に相当するという。大正12年関東地震による被害額は、昭和162年度価格に換算すると6.2兆円と推定されており、これは当時の国民総生産の37.5%に相当する。これに比較すると、今日では国民総生産の飛躍的な増大のために国民総生産に対する比率こそ多少下がるが、被害総額は13倍にも増大することになる。こうした直接被害にともなう、道路などの寸断による輸送能力の低下や生産性の低下は、あらゆる部門に深刻な物不足を生み出し、これが物価上昇につながる可能性が高いと指摘している。また、わが国の生産活動は2、3ヶ月すると復興へと移行していくが、公共施設の復旧に伴う大量の財政支出に伴う国際収支の悪化、さらには、この累積債務国への影響と、南関東地震の影響はわが国にとどまらず世界経済に大きく波及していくであろうと大胆な指摘をしている。

次に、地震が発生すると、どのような構造で被害が波及していくかを明らかにしようという研究には、三星、後藤の研究がある¹⁰⁾。三星らは、都市部における電力システムの地震被害の波及構造を明らかにするために、新潟地震を対象にISM法を用いて被害要素の因果関係（フローダイアグラム）を検討した。因果関係が整理できたことにより、電力システムの回復過程において強く影響を与える因子が新潟地震では何であったかを解析することが可能となり、災害初期（地震発生後約18時間以内）には情報の不足が、災害の中期（18時間～6日め）には交通渋滞が、また、災害の後期（6日め以降）には水害が、それぞれこれに相当したと指摘している。また、震災時の陸上輸送に対して何が最も障害となるかを明らかにするために、震災の波及構造の同定に関する解析が町により行われている¹¹⁾。これは、大震災時には落橋、道路陥没、停電、電話不通等の数多くの被害が生じ、緊急輸送を阻害すると考えられるが、何がどのように影響を及ぼすかは単一方向に順次推移するだけではなく、相互に影響を及ぼし合うことから、ISM手法を用いてフローダイアグラムを解析したものである。

また、米澤は日本海中部地震により大きな被害を受けた秋田港を対象に、地震後1年間の間の貨物流動の変化及び経済的な被害を詳細に調査し、これが生じた原因としては輸送ルートの変更、秋田港内の荷役岸壁の変更、その他、の3つに整理されることを指摘している¹²⁾。

地震の影響を直接被害とそれに伴う間接被害とを合わせてとらえようという試みは、土木研究所においても昭和54年度から様々な検討が行われてきた。まず、田崎は、地震による間接損害として考えられる多数の影響の中の経済的な影響に着目し、これを産業連関分析を用いて解析することを最初に提案した¹³⁾。また、産業連関分析を用いて、昭和53年宮城県沖地震に対する簡単な試算も行い、解析の可能性を示した。ただし、この段階では資料が十分ではなく、また、災害復旧による財政支出等の影響もまだ考慮されていなかった。

続いて、村上、中島は、地震が地域経済に及ぼす影響を検討するため、関東地震、新潟地震、宮城県沖地震について、経済成長率、税収等が地震前後の数年間の中でどのように変化したかを調査した¹⁴⁾。関東地震においては、第一次世界大戦後の好況期から大恐慌へ向かう大きな流れの中で、地震により国民総支出が大きく落ち込んだことを示している。さらに、田崎が定義した間接損害のうちの経済的な影響を定量的に検討す

るために、各企業毎に災害が発生しなかったとした場合の推定利益と、地震後に実際に得られた利益との差を経済的間接被害と定義した。これを宮城県沖地震によって被害を受けた仙台市地区のガス、電力、上水道に適用し、その適用上の問題点を検討している。この結果、直接被害と経済的間接被害との間には、各種の影響が複雑に関連し合っており、両者間にあるパラメータで結ぶといった方法で定量化することはほとんど不可能であり、経済的間接損害を詳細に把握するためには各部門毎に被害を積み上げて推定していただかなければならないと指摘している。

さらに、上田、中島、柴田は、1854年安政東海地震及び1930年北伊豆地震に相当する地震が昭和52年度に静岡県に発生したという仮定のもとで住家被害率を推定しているが、その中で被害の波及効果についても検討を加えている¹⁵⁾。地震による経済的な間接効果として、損害によるストックの減少、生産性の低下といったマイナス効果とならんで、復旧のために新たな需要が発生し、プラスの効果が生じることを指摘し、この重要性を試算により示している。この考え方は、田崎による経済的間接損害の把握手法と、村上、中島による部門別に被害を積み重ねて間接損害を把握する手法とともに、本研究の基本的な解析手法として取り入れられている。

地震が地域住民に与える影響は、多岐、多方面にわたり、これを明らかにするためには産業部門別に網羅的な調査を行わなければならない。これを実際に行った例として森、片山の研究がある。森、片山は、日本海中部地震により被害を受けた能代市を対象に、面接、電話、文書回答により50機関から提供されたデータを詳細に分析し、住民生活、製造業、商業、運輸業、建設業、農業の各分野について、地震の影響をできる限り正確に時系列的に解釈することを試みた¹⁶⁾¹⁷⁾。例えば商業関係の被害についていえば、地震の翌日には7割以上の店が営業を開始したが、消費者の購買意欲減退に伴う販売減少が深刻で、前年同期に比較した震後1ヶ月間の販売状況は、約7割の店舗で減少したと指摘している。このような資料は、現状では、あまりすっきりと解析できる性格のものではないが、地震の影響を多面的に把握するためには欠くことのできない研究と考えられる。

2. 震災が地域経済に与える影響の構造とその評価方法

2.1 震災が地域経済に与える影響の構造

いま、地震により影響を受けた地域とそれ以外の地域とに区分し、地震により影響を受けた地域の生産額を基本に、当該地震が地域経済に及ぼす影響を検討することを考える。また、本解析では地震規模としては1978年宮城県沖地震や1983年日本海中部地震のようにマグニチュード7.5クラスの中規模地震を対象とする。これは、このクラスの地震であれば、著しい震災の範囲は概ね一つの県程度の大きさと考えることができるためである。なお、マグニチュード8クラスの巨大地震になると、著しい被災範囲は複数の県にまたがると考えられるため、この場合には1つの県だけを対象とした解析では不十分である。このような場合には複数の県間の相互作用を考慮した解析が必要となるが、これについては本解析の対象には含めない。

このように、一つの県程度の単位を目度として、あるクローズされた地域における地震後時間 t が経過した時点での生産額を考えると、地震が発生しなかったとした場合の生産額、地震被害に起因する生産額の減少、震災復旧による生産額の増分の関係は次式のように表される。

$$G_0(t) = G_N(t) - G_D(t) + G_R(t) \quad \cdots \cdots (2-1)$$

ここに、

$G_0(t)$: 震災後の時間 t における生産額

$G_N(t)$: 震災が生じなかったとした場合の時間 t における生産額

$G_D(t)$: 震災による時間 t における生産額の減少

$G_R(t)$: 震災復旧による時間 t における生産額の増分

ここで、震災復旧による生産額の増分 $G_R(t)$ とは、地震後の施設・家屋などの被害を復旧するための投資により当該地域にプラスの経済効果を与えることを言う。

式(2-1)で震災が生じなかったとした場合の生産額 $G_N(t)$ は、震災前の数年間の生産額の推移を見ればある程度の精度で推定可能であろう。したがって、震災による生産額の減少 $G_D(t)$ および震災復旧による生産額の増分 $G_R(t)$ を算定できれば、震災後の生産額 $G_0(t)$ を評価できるはずである。なお、地震後数年すれば、震災後の生産額 $G_0(t)$ の内、あるものは公表される。これを式(2-1)により推定した $G_0(t)$ と比較することにより、結果として本解析手法の精度を検討することも可能となる。

る。

したがって、式(2-1)により震災後の生産額を算出するためには、震災による生産額の減少 $G_D(t)$ と震災復旧による生産額の増分 $G_R(t)$ を推定しなければならない。このうち、震災復旧による生産額の増分 $G_R(t)$ は、ある対象地域内にプラスのインパクトを与えた場合の経済効果の評価と同じである。このため、一般に公共投資の効果算定によく用いられるのと同様の手法により、その推定は可能である。

これに対して、震災による生産額の減少 $G_D(t)$ には地震による施設や商品の直接的な被害によって生じる他に、これらの影響を受けて二次的に生じるものがある。表-2.1は震災が与える影響を人もしくは施設の被害という観点から整理したものである。この中から、二次的な被害を生じるものを示すと、例えば、生産基盤の被害に含まれる生産能力の低下が挙げられる。ある工場の製品の生産能力が低下すれば、この製品を材料あるいは部品の一部として生産を行っている他の産業でも代替がきかない限り、その生産能力が低下することとなる。

このように、二次的な生産性の低下をもたらす可能性のある被害形態としては、表-2.1のうち、上述した③生産基盤の被害の他に、④公益関連の被害、⑤輸送施設関連の被害、⑥輸送メディアの被害、⑦製品・半製品・原材料の被害、が挙げられる。これらをさらに整理すると、二次的な生産性低下をもたらす被害は結局次の三つの形態に分類される。

1) 生産、販売基盤(工場・商店、機械、公益施設など)の破損により、生産、販売が不能となったために生じる生産量・販売額の減少

2) 輸送基盤(施設・メディア)の破損により、原材料、製品、人間などの輸送が制限されることによって発生する生産量・販売額の減少

3) 製品・半製品・原材料の破損に伴い、こうした製品に生産を依存している産業の生産量・販売額の減少

したがって、ここでは被害形態を上記1)～3)に分けて、二次的な生産性低下を評価することとする。具体的な評価方法は2.2.1に示す。

以下、本報告では式(2-1)を基本に、図-2.1に示すフローにより震災が地域経済に与える影響を検討することとする。

2.2 震災が地域経済に与える影響の評価法

表-2.1 地震が与える影響

被害対象		損失・被害の影響特性	評価内容方法
① 人的資源	死者 負傷者	労働力の損失 精神的ダメージ 購買意欲の減退	・生涯生産性より算定可能 ・定量的な把握が困難
② 生活基盤	家屋 文教施設 病院	日常生活機能の消失	・直接被害額
③ 生産基盤	田畑 非住宅(工場・商店)	生産能力の低下 生産の停止	・直接被害額
④ 公益関連	電力・通信・ガス 水道・清掃	生産活動、能力の低下	・直接被害額
⑤ 輸送施設	道路・橋梁 港湾 鉄道	材料・商品運搬輸送能力低下による生産減 旅客輸送能力低下による生産減	・直接被害額 ・輸送能力低下による生産減額
⑥ 輸送手段	トラック、バス 鉄道車両、船舶	輸送力低下による生産減	・直接被害額 ・輸送能力低下による生産減額
⑦	製品・半製品・原材料	商品価値喪失 材料喪失による生産減	・直接被害額 ・材料喪失による生産減額
⑧ その他	河川、砂防 崖くずれ 石べい 治山 堤防	崩壊による被害	・直接被害額

2.2.1 震災による生産性低下の評価法

(1) 生産・販売基盤損失による生産性低下

生産・販売基盤が地震により被害を受けたために生じる生産性の低下を推定するために、対象地域における産業ごとの生産構造を説明するモデルを定め、これより生産性低下を求めることとする。ここでは、各産業別に、仮に震災が生じなかったとした場合に達成されたであろう生産額と、震災が発生し、その後に生じた生産額を同一の生産構造モデルから推定し、両者の差を震災による生産減少額と定義することとする。

産業ごとの生産構造を説明するモデルとしては、各種のものが提案されているが、ここでは、以下のモデルのうち、各産業について適合度のよいものを選択して用いることとした。

① 生産関数モデルを用いる方法

社会の生産は、一般に労働力及び生産基盤の2つの要因によって説明される場合が多く、これらの間に成

立する関係は生産関数と呼ばれる。生産関数の中で一般的なものに、次式で与えられるコブ・ダグラス型の生産関数がある。

$$G = a \cdot K^b \cdot L^c \dots \dots \dots (2-2)$$

ここに、

G：生産額

K：民間資本ストック

L：就業者数

a, b, c：回帰分析により定めるパラメータ。一般に、 $c = 1 - b$ と仮定する場合が多い。

式(2-2)では、生産基盤として民間資本ストックを、また、労働力として就業者数を考えていることになる。したがって、地震による就業者数の変化がある場合にはこれを考慮し、震災の無い場合の民間資本ストック額および、震災後の民間資本ストック額の両者より、地震を受ける前と後の生産額を求め、生産減少額を求めることとする。

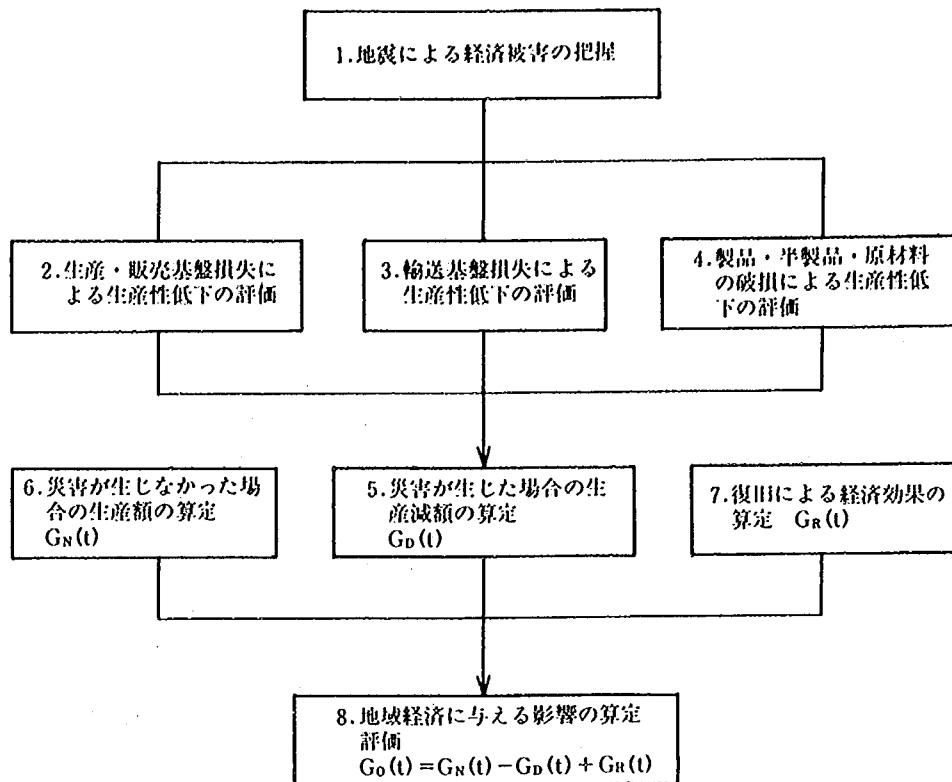


図-2.1 地域経済に与える震災の影響の評価方法

② 生産関数の変形モデル

式(2-2)を線形式等に変換して生産構造モデルとするものであり、たとえば、次式が一般によく用いられる。

$$G = a + bK + cL \quad (2-3)$$

また、KとLの従属性が高い場合には次のように両者を分離する。

$$G = a + bK \quad (2-4)$$

$$G = a + cL \quad (2-5)$$

③ 原単位法

単位の民間資本ストック当たりの生産額(原単位)を既存統計資料より算出し、震災を被った場合とそうでない場合の生産額をそれぞれ算定するものである。原単位が年度により異なる場合には、原単位の時系列回帰分析によって当該年度の原単位を推定する。

以下においては、上記の3種類の方法を適宜採用して解析を進めることとする。ただし、基本的には、まず生産関数モデルを適用し、これが不十分な場合には生産関数の変形モデル、さらにこれでも不十分な場合には原単位法を適用することとした。

(2) 輸送基盤損失による生産性低下

道路、鉄道、港湾が被災した被害は、生産に必要な物資、製品等の輸送活動を阻害し、生産性の低下をもたらす。このような影響をここでは震災により減少した輸送量からとらえるものとする。すなわち、震災が生じなかったとした場合に達成されたと想定される輸送量と、震災を受けた後の輸送量との差から輸送量の低下量を推定した上で、輸送部門の生産性低下は、輸送量の低下量と比例すると仮定して生産性低下率を求めるものである。

(3) 製品・半製品・原材料の被害による生産性低下

製品・半製品・原材料の破損は、これに生産を依存している産業の生産量、販売額の減少をもたらす。ここでは、地震後に査定された被害額を基に、これを産業部門別の製品・半製品・原材料の被害額に分類し、これと後述する産業連関表に示される各産業の生産額との比をとって生産性低下率とする。

2.2.2 震災による生産減少額の評価法

いま、第*i*産業が地震によって被害を受け、生産が

低下したとした場合に、生産性低下率を α_i とすると、 α_i は次式により推定される。

$$\alpha_i = \frac{\Delta X_i}{X_{IN}} \quad (2-6)$$

ここで、

α_i : 第 i 産業の生産性低下率

ΔX_i : 第 i 産業の年間生産減少額

X_{IN} : 震災が生じなかったとした場合の第 i 産業の年間生産額

震災による生産性低下率 α_i を、上述した生産・販売基盤損失による生産性低下、輸送基盤損失による生産性低下、製品・半製品・原材料の被害による生産性低下、の3者ごとに評価するとすれば、実際の生産はこれらの3者の生産性低下率のうち最も大きな低下率を与える要因により生産活動が影響されると考えられる。これは、ある要因により、生産に必要な材料等の供給が妨げられれば、他の代替的な材料の供給が図られない限り、最もクリティカルな材料等により生産が決まるためである。このように考えると、第 i 産業の生産減少額 ΔX_i は次式により算定することができる。

$$\Delta X_i = X_{IN} \cdot \alpha_{\max} \quad (2-7)$$

ここで、

$\alpha_{\max}$: 3種類の生産性低下をもたらす要因のうち、最大の生産性低下率

X_{IN} : 震災が生じなかったとした場合の第 i 次

産業の年間生産額

一方、第 i 産業の生産性低下は、第 i 産業に生産を依存している他の産業にも生産性低下をもたらすこととなる。この効果を、本解析では第一次生産減少と定義し、産業連関分析により評価することとする。

産業連関表の基本的な構造は表-2.2のように与えられる。すなわち、

$$\underline{A} \cdot \underline{X} + \underline{F} = \underline{X} \quad (2-8)$$

ここで、

$\underline{A}$: 投入係数行列

$\underline{X}$: 生産額ベクトル

$\underline{X} = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}^T$

$\underline{F}$: 最終需要ベクトル

$\underline{F} = \{F_1, F_2, \dots, F_n\}^T$

ここで、 X_{ij} は表-2.2に示すように行列 $\underline{A} \cdot \underline{X}$ の係数で第 i 産業から第 j 産業に投入された量または第 i 産業が財を購入するために第 j 産業に支払った額を表わす。また、 T は行列の転置を表わす。

いま、第 i 産業の総生産 X_i の $\alpha_i\%$ が被害を受け、使用・販売が不能となった場合には、この影響は式(2-7)において第 i 行の各要素の値を、 $(1 - \alpha_i) X_{ij}$ 、 $(1 - \alpha_i) F_i$ とすることにより求められる。この場合、 X_{ij} が $(1 - \alpha_i) X_{ij}$ に減少したことにより、第 j 産業が地震による直接被害を受けていなくても、第 j 産業の生産額は X_{jN} から $(1 - \alpha_i) X_{jN}$ に減少する。これは、第 j

表-2.2 産業連関表の構造

買い手産業		中間需要				最終需要	生産
売り手産業		I_1	I_2	I_i	I_j		
投入	I_1	$\dots\dots\dots X_{1i} \dots\dots\dots X_{1j} \dots\dots\dots$				f_i	X_i
	I_2	$\dots\dots\dots X_{2i} \dots\dots\dots X_{2j} \dots\dots\dots$				f_j	X_j
付加価値		$\dots\dots\dots v_i \dots\dots\dots v_j \dots\dots\dots$					
生産		$\dots\dots\dots X_i \dots\dots\dots X_j \dots\dots\dots$					

	中間需要	最終需要	生産
投入	$\underline{A}\underline{X}$	$\underline{F}$	$\underline{X}$
付加価値	$\underline{V} = \underline{X}^T(\underline{v})$		
生産	$\underline{X}^T$		

産業から見れば、第 i 産業以外にも多数の産業（すなわち i, j を除く他の産業）からの生産物の供給を受け、生産を行っている状態であるが、第 i 産業からの製品が他の産業の製品により代替できなければ、結局第 i 産業の生産の減少に伴って、第 j 産業も生産を縮小せざるを得ないためである。また、いま、第 k 産業の製品の $\alpha_k\%$ が使用不能となった場合の第 j 産業の生産額は $(1 - \alpha_k) X_{jN}$ となる。2つの産業に同時に生産性低下が生じた場合の産出額の低下の評価は非常に複雑であるが、ここでは第 i 産業と第 k 産業の生産性低下のうち、いずれか大きい方に支配されると仮定し、第 j 産業の生産低下額 ΔX_j を次式により求めることとする。

$$\Delta X_j = X_j \cdot \max(\alpha_i, \alpha_k \mid X_{ij} \neq 0, X_{kj} \neq 0) \quad (2-9)$$

上述した一次生産減少額の一部は、もし生産が行われていたとすれば、所得や営業余剰にまわり、さらに消費支出の形で次の生産を誘発し、所得、営業余剰となり再び消費にまわるという循環をしていたはずのものである。地震により生産額が減少することによる生産誘発減少の影響も生産額の減少分として計上する必要がある。付加価値ベースの生産減少額 ΔV は、一般に生産額ベースの生産減少額 ΔX から以下のように求められる。

$$\Delta V = \Delta X^T \cdot \underline{v} \quad (2-10)$$

ここで、

$\underline{v}$ ：付加価値率マトリックスであり、産業部門ごとに県によって求められている。

このうち、給料と営業利益の減少分は、地震が生じなかったとした場合には消費あるいは固定資本形成という形をとって新たな生産を発生させていたはずのものである。この効果をここでは第二次生産性低下と呼ぶこととし、産業連関分析を用いて以下のように評価することとする。

消費効果による生産性低下の算定にあたっては、まず、式 (2-10) によって算定された付加価値ベースの生産減少額 ΔV のうちの給料と営業利益が、地震が生じなかったとした場合に支出を通して形成したと考えられる最終需要ベクトル ΔF_s を推定する。次に、式 (2-8) を変形し、第二次生産減少額 ΔX_s を次式のように求める。

$$\Delta X_s = (I - A)^{-1} \cdot \Delta F_s \quad (2-11)$$

ここで、

ΔX_s ：生産額ベースの第二次生産減少額

このようにして ΔX_s を再度式 (2-10) に代入するこ

とによって、付加価値ベースの第二次生産減少額 ΔV_s は次式のように求められる。

$$\Delta V_s = \Delta X_s^T \cdot \underline{v} \quad (2-12)$$

ここに、 $\underline{v}$ は付加価値率マトリックスである。

式 (2-12) では、改めて給料と営業利益の減少が求められるので、この影響を見込むために式 (2-11) と式 (2-12) の計算を収束するまで繰り返すことが必要である。

以上のような産業連関分析を用いた解析では、震災が発生した後の生産性低下を時間的に追っていくことはできないことに注意しなければならない。すなわち、式 (2-1) では、震災発生から時間 t の関数として生産額を表わしたが、産業連関分析を用いて解析を進めるためには、以下の仮定を設けなければならない。

① 一般に産業連関表は、ある年度に対する値として公表されるので、本解析では地震が発生した年度内の生産性を対象とする。すなわち、後述するように、本論文では昭和58年5月26日に発生した日本海中部地震及び昭和53年6月12日に発生した宮城県沖地震に対する解析を行うが、日本海中部地震では昭和58年度の秋田県の実績を生産性低下を、また、宮城県沖地震であれば昭和53年度の宮城県の生産性低下を、それぞれ、解析することとする。

② このため、式 (2-6) の生産性低下率 α_i は、年間を通して平均的な生産性低下を与える値として推定しなければならない。

2.2.3 震災復旧投資による経済効果の評価法

公共復旧事業や民間住宅復旧等の震災復旧のために被災地域に投資される支出は、復旧物資の購入等に使用され、直接的には当該地域の復旧物資を生産する産業の生産を誘発する。また、このような復旧物資を生産する産業の生産は、産業の連関構造を通じて直接復旧物資を生産しない他の産業の生産をも誘発する効果を持つ。ここでは、前者を復旧投資による第一次生産誘発、後者を復旧投資による第二次生産誘発と呼び、このような震災復旧投資によるプラスの経済効果を産業連関分析により評価することとする。なお、民間の行う復旧投資は、もし地震被害が生じていなければ、他の消費支出に振り分けられていた可能性がある。そういう意味では、民間の復旧投資はプラスの効果だけでなく、復旧投資とは関連のない分野ではマイナスの影響を与えたことも考えられる。しかし、このような影響は非常に複雑であることから、本解析では考慮しないこととする。

式(2-8)を変形すると次式ようになる。

$$\underline{X} = (\underline{I} - \underline{A})^{-1} \cdot \underline{F} \quad \dots\dots\dots (2-13)$$

式(2-13)において、 $(\underline{I} - \underline{A})^{-1}$ を一般に連関乗数(またはレオンチェフ乗数)という。式(2-13)を用いて、震災復旧投資による経済効果は次のように求められる。

① 初期投資による生産性向上

まず、震災復旧のために投資される資金の内訳に応じて、最終需要ベクトル $\underline{F}$ を求める。次に、式(2-13)を用いて $\underline{F}$ によって誘発される生産額ベースの生産額 $\underline{X}$ を求める。このようにして生産誘発額 $\underline{X}$ が求めれば、式(2-10)により付加価値ベースの生産誘発額 $\underline{X}^T \cdot \underline{v}$ を求めることができる。

② 消費効果による生産性向上

付加価値ベースの第一次生産誘発額のうちの家計消費支出を通じて形成される最終需要 $\underline{F}$ を求める。これより式(2-13)を用いて、生産額を計算できるが、このようにすると、また、上記と同様に雇用者所得からの配分と営業余剰からの配分が生まれ、これが家計消費支出にまわることにより、さらに新たに産業を刺激することになる。したがって、上述したプロセスを収束するまで繰り返し、最終的な第二次生産誘発額を算出する。

3. 日本海中部地震に対する適用例

3.1 日本海中部地震の概要

日本海中部地震は1983年5月26日正午に秋田県沖約90kmの海底に発生した。地震のマグニチュードは7.7、震源深さは14kmである。気象庁の震度階でⅢ以上を記録した地域は図-3.1に示すとおりであり、秋田・むつ・深浦では震度Ⅴの強震を示した。なお、図-3.1には余震域も併せて示している。

道路橋、ダム、港湾施設等の公共土木施設及びその周辺地盤上で観測された最大加速度の分布を示すと図-3.2のようになる²⁰⁾。地盤上における最大加速度が最も大きかったのは北海道渡島市庁の七峰橋周辺地盤上であり、約0.4gに達している。

日本海中部地震は秋田県を中心として大きな被害をもたらした。表-3.1は北海道、青森県、秋田県、及びその他の地域における被害をまとめたものである。全体としては、秋田県における被害が最も大きく、県内の死者及び負傷者は、それぞれ83人、265人に達している。

表-3.2は日本海中部地震による秋田県の被害状況を

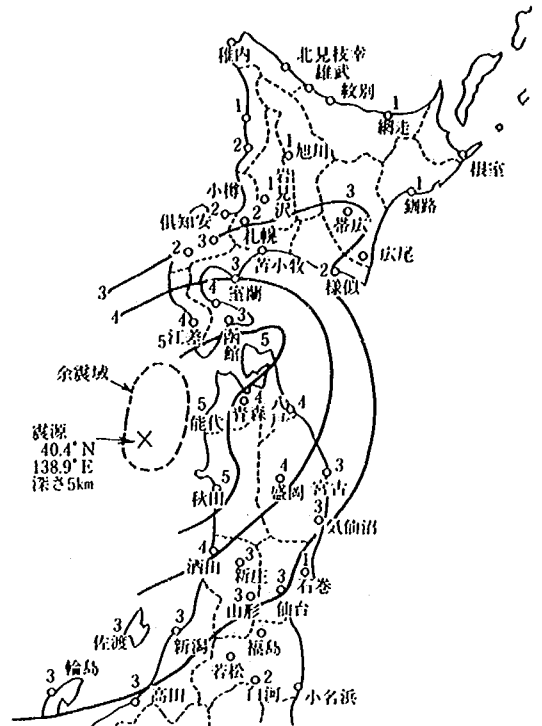


図-3.1 日本海中部地震の震源及び各地の震度

示したものである²¹⁾。被害総額は1,482億円に達しており、このうち公共土木施設の被害額が592億円と最も大きく、被害総額の約4割を占めている。

以下の解析では、表-3.2に示した被害額を基本として、地震被害が秋田県の経済に与えた影響を求めることとする。

一般に工学的に有効な桁数は3~4桁と考えられる。しかし、被害額等、1円の単位まで算出されているものもあり、全てを有効桁数3~4桁に丸めると支障の生じるものがあるため、以下に示す産業連関分析の途中では細かい数字をそのまま出している箇所もある。

3.2 日本海中部地震による経済被害の概要

3.2.1 産業関連被害

(1) 農業関連被害

日本海中部地震による農業関連の被害額は268億95百万円であり、その内訳は表-3.3に示すとおりである²¹⁾。農地の被害は合計21億52百万円であり、田畑あわせて3,139haが影響を受けたと報告されている。農作物、家畜の被害は、それぞれ24億11百万円、7百万円である。農業用施設(土地改良)関係の被害は表-3.4に示すと

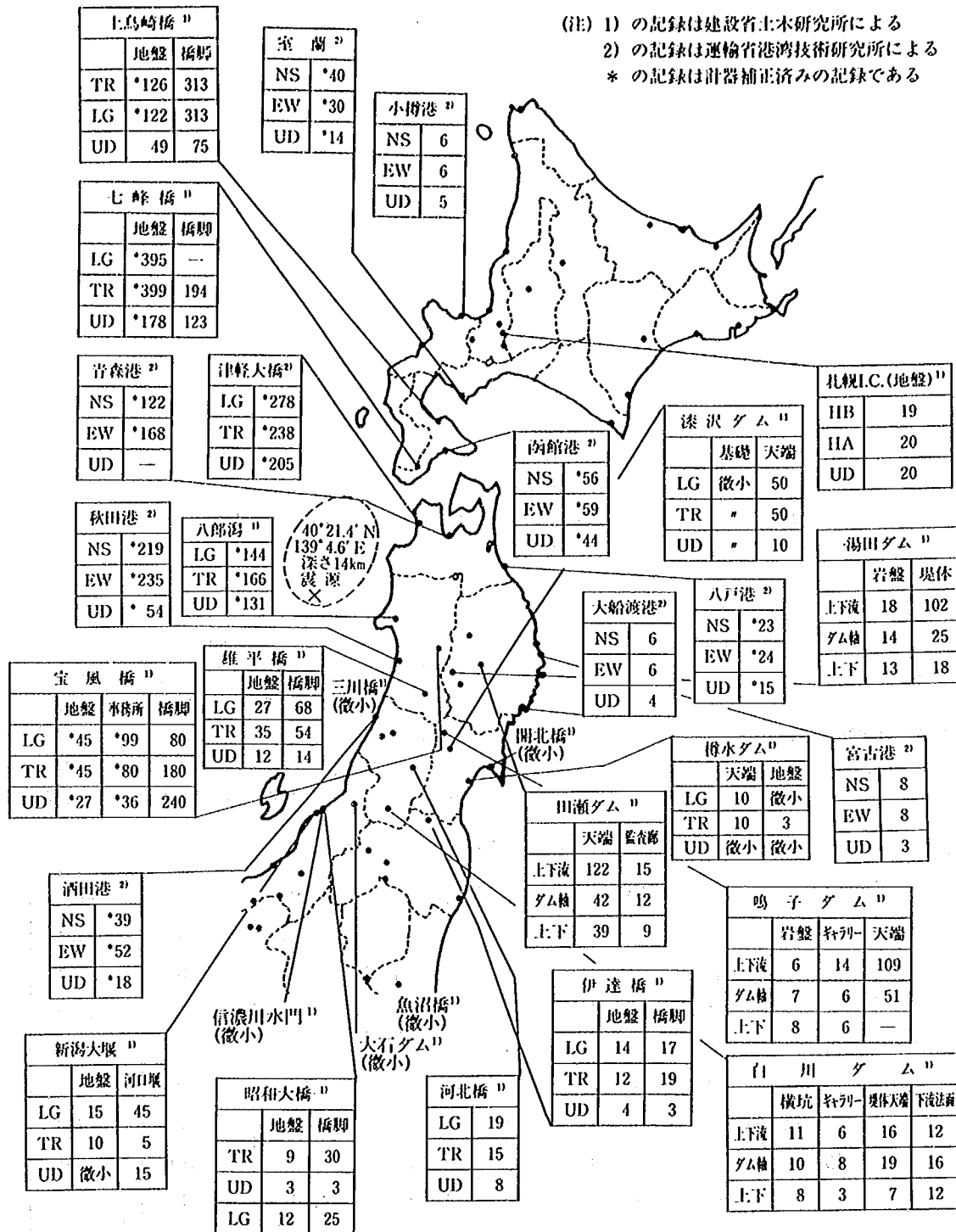


図-3.2 強震記録に基づく最大加速度の分布 (単位: gal)

おりである。

(2) 林業関連被害

林業関係の被害の総額は表-3.2に示したように²¹⁾、林業施設の被害が55億57百万円でこれに林産物被害4億円を加えると計59億57百万円となる。このうち、民有林の被害は表-3.5に示すように52億7百万円であり、残りは国有林関係の被害である。

(3) 水産業関連被害

水産業関連の被害は漁港、水産施設の被害として把握されており、その内訳は表-3.6に示す²¹⁾通りである。漁港被害、水産施設被害はそれぞれ14億86百万円、42億円であり、合計56億86百万円となっている。

(4) 商工業関連被害

商工業関連の被害状況を表-3.7、表-3.8に示す²¹⁾。表-3.8より能代市、山本郡に被害が多く発生したことがわかる。

能代市商工会議所が行った、地震後の能代市内の商店の営業状況に関するアンケート調査の結果を表-3.9に示す¹⁶⁾¹⁷⁾。これによれば、営業上影響を受けなかった店舗（地震の翌日から営業を開始した店舗）が83.7%を占めており、全体としては、地震発生から1週間以内にはほぼ営業を開始していたことがわかる。なお、このアンケートの結果によれば、平均休業日数は1.1日となっている。

3.2.2 運輸関連被害

(1) 道路被害

道路の被害箇所は表-3.10に示すように696箇所であり、このうちの22箇所においては地震発生直後に全面通行止めの処置がとられている²⁰⁾。しかしながら、図-3.3に示すように復旧は速やかに行われ、地震発生後3日以内には落石危険箇所（湯本加茂～船川港線、男鹿市門前地内）を除く全箇所を開通させることができた。これは、地震被害自体が比較的軽度なものが多く、また、地震発生が昼間であったことも幸いして、迅速に復旧を行うことができたためである。

(2) 国鉄被害

国鉄の被害は、奥羽本線、五能線、羽越本線を中心に生じた。これにより、奥羽本線及び五能線では10～20日間にわたり旅客・貨物合わせて1,830本が運行をとり止めた。ただし、輸送に関しては迂回輸送などの対応がとられ、実質的に大きな影響は生じなかったといわれている²²⁾。国鉄の見積りによると、地震被害による減収額は旅客に対しては2億28百万円、貨物に対しては85百万円とされている。この間の輸送力の低下の影響を、地震により影響を受けた旅客数によって表わすと年間輸送量（旅客数）の1.7%に相当する。

(3) 港湾被害

港湾施設は日本海中部地震により最も甚大な被害を受けた1つであり、その機能停止は県内産業にも多大な影響を与えた。表-3.11に港湾の被害額を示す²¹⁾。完全復旧が行われたのは昭和59年10月であり、復旧には長期間を要している。

秋田県内の港湾としては秋田港、船川港、能代港の3港が主要なものである。これら3港における昭和55年

表-3.1 日本海中部地震による被害の概要

	区 分	単位	北海道	青 森	秋 田	その他	計
人的被害	死 者	人	4	17	83	0	104
	負 傷 者	"	24	25	265	10	324
施設被害	道 路	箇所	3	702	670	4	1,379
	橋 梁	"	0	48	84	1	133
	河 川	"	3	243	196	3	445
	文 教 施 設	"	70	370	272	44	756
	船 舶	隻	637	853	681	480	2,651
	水 道	戸	770	17,399	22,187	46	40,402
	電 気	"	2,200	19,840	17,563	563	40,166
住家被害	全 壊	戸	5	447	1,132	0	1,584
	半壊・一部破損	"	85	3,883	5,489	2	9,457

表-3.2 日本海中部地震による秋田県の被害状況

区 分				被 害		そ の 他	砂 防 簡所		41	
人 的 被 害	死 者		人	83			電 力	世帯	17,563	
	行 方 不 明 者		人	0			ガ ス	世帯	14,905	
	負傷者	重 傷	人	54			水 道	世帯	22,187	
		軽 傷	人	211			清 掃 施 設	簡所	9	
住 家 被 害	全 壊	棟	1,132		崖 く ず れ		簡所	72		
		世帯	1,189		鉄 道 不 通		簡所	10		
		人	4,610		船 舶 被 害		隻	681		
		半 壊	棟	2,632			通 信 被 害	回線	622	
	半 壊	世帯	2,713		石 べ い 等		簡所	1,295		
		人	10,125		自 動 車		台	71		
		一 部 破 損	棟	2,875			林 道	簡所	42	
	一 部 破 損	世帯	2,943		治 山		簡所	49		
		人	10,662		農 業 水 路			582		
		床 上 浸 水	棟	65			堤 防		大湯 54km (周辺堤防を 含む)	
	世帯		65							
	人		220							
	床 下 浸 水	棟	277		被 害 額 (千円)					
		世帯	275		農 業 施 設		24,477,000			
		人	932		漁 港 施 設	1,486,000				
				水 産 施 設	4,195,000					
非住家 被 害	損 壊	棟	全壊	587		林 業 施 設	5,557,330			
			部損	2,108		商 工 施 設	10,106,508			
	浸 水	棟	床上	71		公 共 土 木 施 設	59,252,732			
			床下	123		そ の 他 の 公 共 施 設	3,957,970			
そ の 他	田	流失・埋没	ha	}	2,643		住 宅 等	26,665,350		
		冠 水	ha				文 教 施 設	1,732,959		
	畑	流失・埋没	ha	}	496		農 業 被 害	2,411,000		
		冠 水	ha				畜 産 被 害	7,000		
	文 教 施 設		箇所	272		林 産 被 害	399,550			
	病 院		箇所	29		商 工 被 害	5,488,759			
	道 路		箇所	670		国 鉄 被 害	2,200,000			
	橋 り よ う		箇所	84		そ の 他	301,117			
	河 川		箇所	196		計	148,238,275			
	港 湾		箇所	125						

表-3.3 秋田県の農業関係被害（単位：百万円）

	地 域	農 地	農業用施設	農 作 物	家 畜	合 計
1	能代市	639	2,359	954	—	3,952(14.7%)
2	男鹿市	260	1,155	64	—	1,479(5.5%)
3	山本郡	337	2,440	845	7	3,629(13.5%)
4	南秋田郡	832	14,951	542	—	16,325(60.7%)
5	その他	84	1,420	6	—	1,510(5.6%)
計	49市町村	2,152(80.0%)	22,325(83.0%)	2,411(8.9%)	7(0.1%)	26,895(100%)

表-3.4 秋田県の農業用施設（土地改良）関係被害（単位：百万円）

	地 域	水 路		道 路		ため池		揚水機		頭首工		橋 梁		計	
		力所	被害額	力所	被害額	力所	被害額	力所	被害額	力所	被害額	力所	被害額	力所	被害額
1	能代市	266	1,374	50	103	20	603	18	139	—	—	1	3	355	2,222 (10.3%)
2	男鹿市	120	538	19	55	18	329	13	190	2	8	3	1	175	1,121 (5.2%)
3	山本郡	95	877	36	102	33	584	28	588	3	7	4	14	199	2,172 (10.0%)
4	南秋田郡	792	12,051	115	785	23	470	41	1,495	1	2	2	11	974	14,814 (68.3%)
5	その他	82	198	24	48	31	936	28	103	8	57	2	8	175	1,350 (6.2%)
計	44市町村	1,355	15,038 (69.4%)	244	1,093 (5.0%)	125	2,922 (13.5%)	128	2,515 (11.6%)	14	74 (0.3%)	12	37 (0.2%)	1,878	21,679 (100%)

～58年の総取扱貨物トン数（輸移入トン数）を月別に示すと図-3.4のようになる²³⁾。これによれば、日本海中部地震が発生した昭和58年5月の取扱貨物量の減少が

顕著に現れている。

秋田県における港湾の取扱品目としては原木、原油、セメント、重油、石油製品が主要なものであるが、こ

表-3.5 秋田県の実業（民有林）関係被害（単位：百万円）

	地 域	治 山		林 道		共同利用施設		林 産		造 林 地		計	
		カ所	被害額	カ所	被害額	カ所	被害額	カ所	被害額	カ所	被害額	カ所	被害額
1	能代市	5	2,088	7	11	---	---	168	1,149	---	---	180	3,248 (62.4%)
2	男鹿市	19	521	5	37	---	---	2	5	---	---	26	563 (10.8%)
3	山本郡	14	1,029	10	18	1	1	14	33	3	2	42	1,083 (20.8%)
4	南秋田郡	4	90	8	24	---	---	3	8	---	---	15	122 (2.3%)
5	その他	7	74	12	23	1	4	57	90	---	---	77	191 (3.7%)
計	32市町村	49	3,802 (73.0%)	42	113 (2.2%)	2	5 (0.1%)	244	1,285 (24.7%)	3	2 (--)	340	5,207 (100%)

表-3.6 秋田県の水産関連被害（単位：百万円）

	市町村名	漁 港	水産施設	合 計
1	能代市	---	120	120(2.1%)
2	八森町	725	950	1,675(29.5%)
3	八竜町	---	186	186(3.3%)
4	峰浜村	---	138	138(2.4%)
5	男鹿市	271	2,110	2,381(41.9%)
6	八郎潟町	88	---	88(1.5%)
7	天王町	116	139	255(4.5%)
8	若美町	---	471	471(8.3%)
9	本荘市	136	---	136(2.4%)
10	仁賀保町	84	---	84(1.5%)
11	金浦町	15	86	101(1.8%)
12	象潟町	42	---	42(0.7%)
13	西目町	9	---	9(0.2%)
	13市町村	1,486(26.1%)	4,200(73.9%)	5,686(100%)

表-3.10 秋田県内の道路被害

区 分	箇 所 数	被 害 額(千円)
国 管 理	34	356,000
県 管 理	207	1,987,029
市町村管理	455	2,287,037
計	696	4,630,066

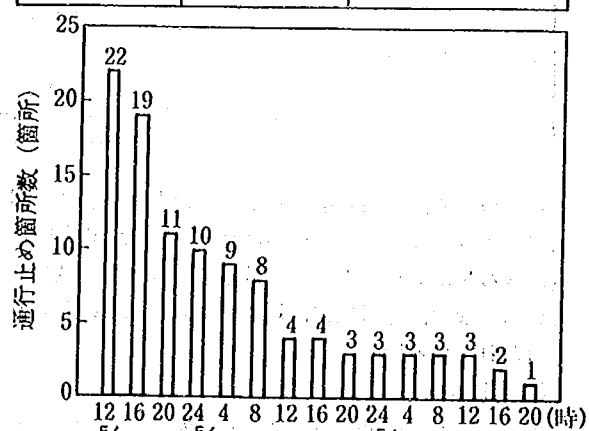


図-3.3 日本海中部地震による秋田県内の道路通行止め箇所数の復旧状況

表-3.7 秋田県の商工業被害状況 (単位:千円)

	製 造 業		卸・小売業		そ の 他		合 計	
	件数	被害額	件数	被害額	件数	被害額	件数	被害額
施 設	273	2,924,820	1,252	4,917,917	152	2,263,771	1,677	10,106,508
商品等	244	1,344,369	3,613	3,436,591	76	707,799	3,933	5,488,759
計	517	4,269,189	4,865	8,354,508	228	2,971,570	5,610	15,595,267

表-3.8 秋田県の地域別商工業被害状況

区 分 地 域	製 造 業		卸・小売業		そ の 他		計		被 害 額 (千円)
	施 設	商品等	施 設	商品等	施 設	商品等	施 設	商品等	
鹿角市・鹿角郡				66				66	4,120
大館市・北秋田郡	5	62	125	646	60	5	190	713	241,698
能代市・山本郡	210	85	659	622	39	10	908	717	10,112,751
男鹿市・南秋田郡	40	39	354	634	38	19	432	692	3,055,443
秋田市・河辺郡	18	46	109	1,458	15	42	142	1,546	2,129,490
本荘市・由利郡		11	3	53			3	64	6,540
大曲市・仙北郡				94				95	43,640
横手市・平鹿郡				22				22	1,235
湯沢市・雄勝郡			2	18			2	18	350
計	273	244	1,252	3,613	152	76	1,682	3,933	15,595,267

れらについて、昭和55年～58年の取扱実績を示すと図-3.5のようになる²³⁾。大方のものについては、昭和58年度の取扱量が前年度までに比較してはっきりと減少している。なお、地震被害に対する対処は以下のとおりとされている¹²⁾。

① 原木

地震により一次的に取扱量に影響が生じたが、その後の回復は早く、実質的に大きな影響はなかった。

② 原油

主として東北電力秋田火力発電所で使用される原油の取扱量の減少分だけ、電力生産が縮小された。

③ セメント

県内の取扱減少分は、秋田県外の港湾へ陸揚げされ、そこから陸路(道路)で秋田県内へ輸送された(代替輸送)。

④ 重油、石油製品

専門バースを使用して陸揚げされていたが、このバースは被害を受けなかったため、取扱への影響は生じな

表-3.9 能代市内の商店休業期間

休業期間	回答数	構成比
翌日より営業	257	83.7
1 ～ 2 日	14	4.6
3 ～ 4 日	17	5.5
1 週間以内	12	3.9
2 週間以内	3	1.0
1 ケ月以内	1	0.3
1 ケ月以上	3	1.0
未だ再開していない	0	0
不明	0	0
合 計	307	100.0

平均休業期間 = $\frac{1}{100} (1.5 \times 4.6 + 3.5 \times 5.5 + 6 \times 3.9 + 11 \times 1.0 + 21 \times 0.3 + 45 \times 1.0) = 1.1211$

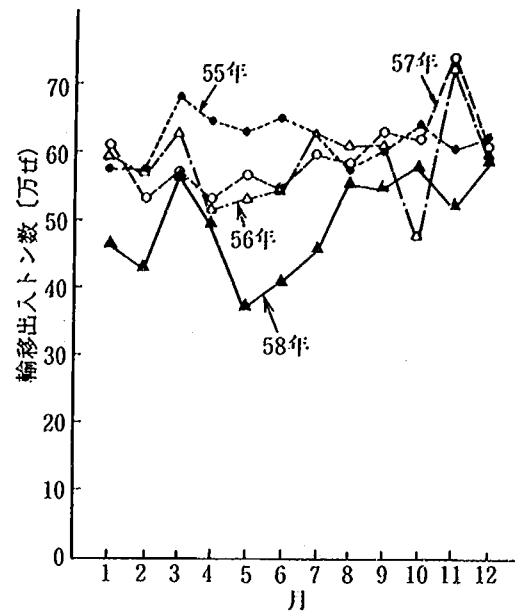


図-3.4 月別の輸移出入トン数の推移（秋田港，船川港，能代港の合計）

表-3.11 秋田県内の港湾の被害（単位：千円）

	直 轄		公 共 工 事		県 単 災 害	
	箇所数	被害額	箇所数	被害額	箇所数	被害額
秋 田 港	7	4,625,950	33	1,263,093	34	2,389,000
船 川 港	0	0	14	666,398	3	15,000
能 代 港	0	0	23	267,779	6	282,000
本 荘 港	0	0	1	13,097	0	0
戸 賀 港	0	0	3	57,765	1	9,000
計	7	4,625,950	74	2,268,132	44	2,695,000

かった。

以上の点から、原油を除けば原木、セメント、重油、石油製品は地震により荷扱いは影響を受けなかったか、もしくは、秋田県内の港湾における取扱量は減少したが、代替的な方法で秋田県内に輸送されたため、秋田県の経済活動には大きな影響を与えなかったと考えることができる。

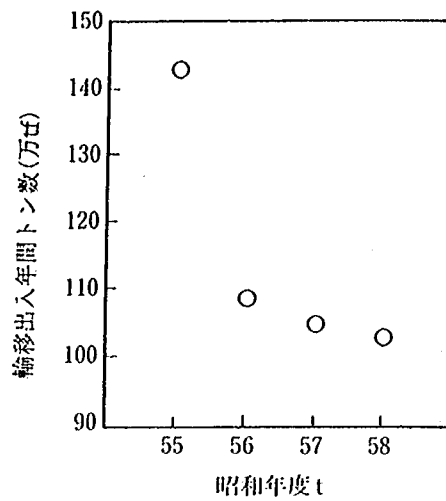
原油についてはこうした代替輸送ができなかったた

めに、原油取扱量の減少が東北電力秋田火力発電所における電力生産減をもたらしたと考えられる。そこで、年度ごとの原油の取扱量を図-3.5(b)に示した地震発生前の昭和55年～57年のデータより、時系列回帰すると、以下のようになる。

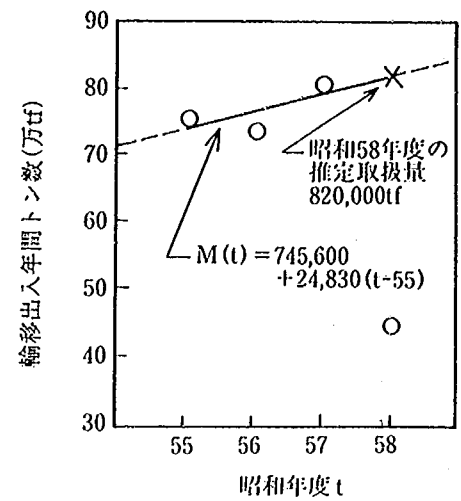
$$M(t) = -620,050 + 24,830 \times t \quad \dots\dots\dots (3-1)$$

ここで、

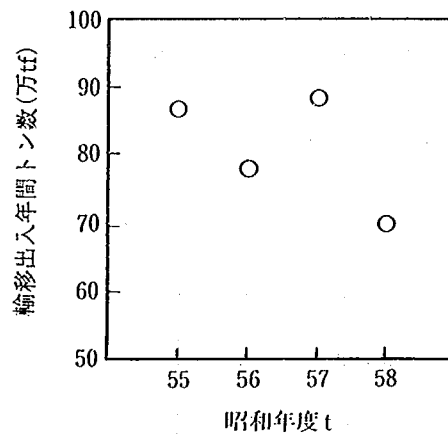
$M(t)$ ：昭和 t 年度における秋田、船川の2港湾



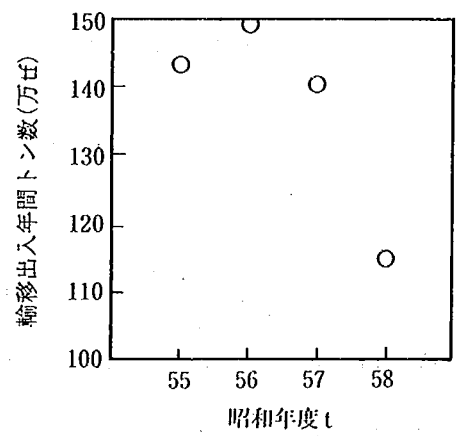
(a) 原 本



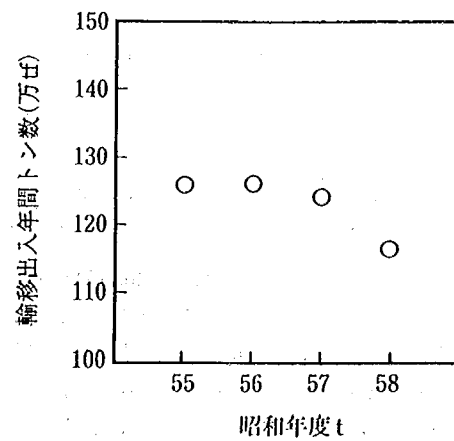
(b) 原 油



(c) セメント



(d) 重 油



(e) 石油製品

図-3.5 秋田県下の主要港湾における主要品目の取扱量の推移

を合わせた年間の原油取扱量(tf)

t: 昭和で表わした年度 ($55 \leq t \leq 57$)

式(3-1)を外挿して、日本海中部地震が生じなかったとした場合に昭和58年度に行われたであろう原油取扱量を推定すると、約820,000tfとなる。一方、実際の昭和58年の原油取扱量は451,286tfであるから、式(3-1)による推定値との差、すなわち、日本海中部地震による原油取扱量の減少は約368,800tfと見込まれる。このように考えると原油の取扱減少率は、 $368,800/820,000=45\%$ と見込まれる。ここでは、これだけの原油取扱量の減少が東北電力秋田火力発電所における発電量の減少を生じたと考え、後述する3.4においては、電力部門において45%の生産低下が生じたものとして解析することとする。

3.2.3 ライフライン関連施設被害

電力、電信・電話、都市ガス、水道などのライフライン関連施設の復旧は全体として比較的早く行われ²¹⁾、電力は5月26日に、また、電信・電話は5月28日に全面的に機能を回復している。都市ガスでは一部において1カ月程度供給をストップした地域もあったが、全体としてはほぼ、5月28日までに機能を回復している。また、水道に関しては、6月中旬まで給水が停止した地域もあるが、給水車による支援が行われ、この結果、社会生活を維持する上で甚大な混乱を引き起こすほどではなかったと考えられる。したがって、これらの被害が間接的に地域経済に及ぼした影響は少なかったと考え、本解析ではその影響を考慮しないものとする。

3.2.4 災害復旧

災害復旧は昭和58年7月5日付けの「日本海中部地震についての激甚災害の指定及びこれに対し適用すべき措置に関する政令」により実施されている。災害復旧関連予算は表-3.12に示すとおりである²¹⁾。

3.3 日本海中部地震が生じなかったとした場合の秋田県内総生産額の推定

昭和50年度から地震発生の前年に相当する57年度までの秋田県の県内総生産の推移を示すと図-3.6のようになる²⁴⁾。ただし、図中ではデフレータを乗じて昭和58年度価格に統一している。これをもとに時系列分析を行うと、昭和50～昭和57年度の間に秋田県内の総生産額は次のような回帰式により近似される。

$$G_N(t) = -18,300 + 720 \times t \quad \dots\dots\dots (3-2)$$

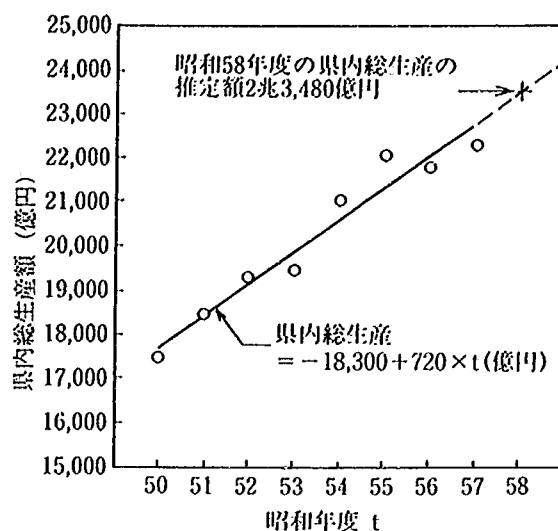


図-3.6 秋田県の県内総生産（付加価値ベース）の推移（昭和58年度価格）

ここで、

$G_N(t)$: 昭和58年度価格で表わした昭和 t 年度における県内総生産（億円）

t: 昭和で表わした年度 ($50 \leq t \leq 57$)

式(3-2)の関係が昭和58年にまで外挿できると仮定すると、日本海中部地震が生じなかったとした場合の昭和58年度の秋田県の県内総生産額は、2兆3,480億円と推定される。

3.4 日本海中部地震による生産性低下の算定

3.4.1 生産・販売基盤損失による生産性低下率の算定

3.2.1で示したように、生産基盤関連被害は、農業、水産業、製造業、卸・小売業の各部門で把握されている。このうち林業に関しては、施設と生産性の関連を捉えることが難しいため、ここでは、林業による生産性低下の評価は考慮しないこととした。

以下、林業を除く各部門別に、生産関数、原単位などを求め、生産性低下率を算定することとする。ただし、価格についてはGNPデフレータを用いて昭和58年度価格に統一して扱う。

(1) 農業

昭和45年度～昭和57年度の間の農業従事者数、耕地面積、総生産額を示すと図-3.7(a)～(c)のようになる²⁵⁾²⁶⁾。これを基に式(2-3)、(2-5)を用いて耕地面積を民間資本ストックと見なした生産関数を求めたが、精度の

表-3.12 日本海中部地震災害復旧関連事業予算
(秋田県分) (単位:千円)

事業名		58年度予算額
1. 公共土木施設災害復旧事業		27,537,263
	土木施設災害復旧事業	25,433,669
	林地荒廃施設災害復旧事業	1,308,100
	漁港災害復旧事業	795,494
2. 農地災害復旧事業		572,900
3. 農業用施設災害復旧事業		6,991,135
4. 農林水産共同施設災害復旧事業		101,346
5. 林道災害復旧事業		37,747
6. 公共文教施設災害復旧事業		511,283
7. 国直轄災害復旧事業負担金		1,406,746
8. 社会福祉施設災害復旧事業		4,829
9. 漁港災害関連事業		38,000
10. 河川等災害関連事業		4,739,195
11. 緊急治山事業		115,878
12. 林地崩壊防止事業		15,886
13. 保安林整備管理事業		7,795
14. 緊急砂防事業		438,000
15. 緊急急傾地崩壊対策事業		134,600
16. 緊急地すべり対策事業		241,300
17. 都市災害復旧事業		37,193
18. 災害復旧測量調査費		177,729
	農業関係	64,664
	土木関係	113,065
19. 単独災害復旧事業		1,170,287
	治山関係	7,000
	道路事業	7,000
	緊急砂防地すべり等	208,000
	港湾整備事業	787,000
	社会教育施設	21,315
	警察施設	43,116
	県庁舎施設	49,058
	鉱さい流送パイプ	18,798
	能代工業団地	26,000
	都市災害(公園)	3,000
合 計		44,279,112

良い結果が得られなかった。このため、単位耕地面積当り (ha) の生産額を求めた結果が図-3.7(d)である。これによれば、単位耕地面積当りの生産額は年度により暫減する傾向にあり、時系列回帰式を求めると次のようになる。

$$U_A(t) = 0.068144 - 0.001045 \times t \dots\dots\dots (3-3) \\ (R=0.947)$$

ここで、

$U_A(t)$: 単位耕地面積当りの総生産額
(億円/ha)

t : 昭和で表した年度 ($50 \leq t \leq 57$)

したがって、式 (3-3) を外挿することにより昭和58年度の単位耕地面積当りの生産額 $U_A(58)$ を求めると 0.007534 (億円/ha) と推定される。

一方、耕地面積は図-3.7(b)に示した通りであり、昭和49年度～昭和50年度の間で1つの大きな変化を生じている。このため昭和50年度から昭和57年度の8年間における耕地面積を対象として時系列解析すると、この間の耕地面積は次式のように回帰される。

$$A_c(t) = 173,300 - 189.3 \times t \dots\dots\dots (3-4) \\ (R=0.904)$$

ここで、

$A_c(t)$: 耕地面積 (ha)

t : 昭和で表した年度 ($50 \leq t \leq 57$)

これにより、式 (3-4) を外挿すると昭和58年度の耕地面積 $A_c(58)$ は、162,300ha と推定される。

したがって、地震が生じなかったとした場合の昭和58年度の県内総生産額 $P_n(58)$ は次のように推定される。

$$X_{AN}(58) = U_A(58) \times A_c(58) \\ = 0.007534 \times 162,300 \\ = 1,223 \text{ (億円)} \dots\dots\dots (3-5)$$

一方、地震によって流失・埋没等の被害を受けた田畑の面積は合計3,139haと報告されているので、昭和58年度には、これだけの耕地面積が耕作に使用できないと仮定すると、昭和58年度の実生産額 $P(58)$ は以下のように推定される。

$$X_{AE}(58) = U_A(58) \times (A_c(58) - 3,139) \\ = 1,199 \text{ (億円)} \dots\dots\dots (3-6)$$

以上より地震による農業部門の生産性低下率は以下のように推定される。

$$\alpha_A = \frac{P_n(58) - P(58)}{P_n(58)} = 1.9\% \dots\dots\dots (3-7)$$

ここで、

α_A : 農業部門の生産性低下率

$P_n(58)$: 地震が生じなかったとした場合の昭和58

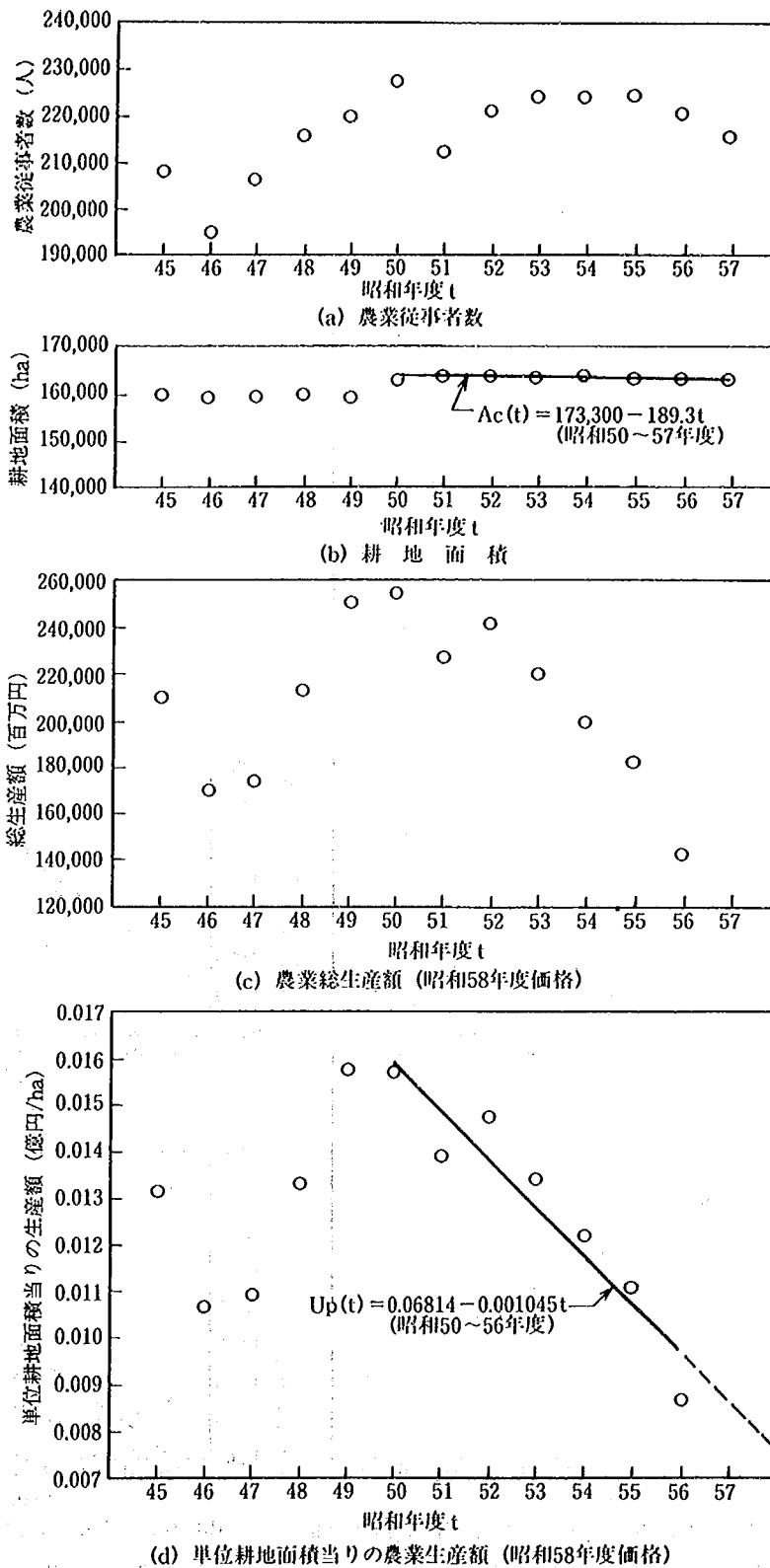
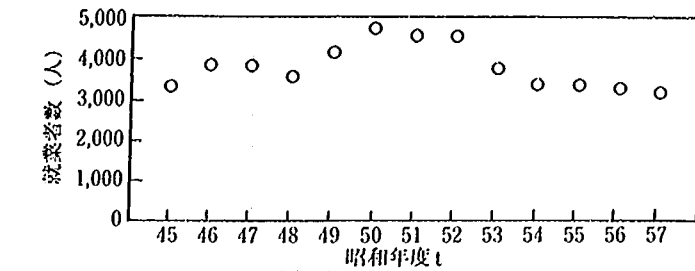
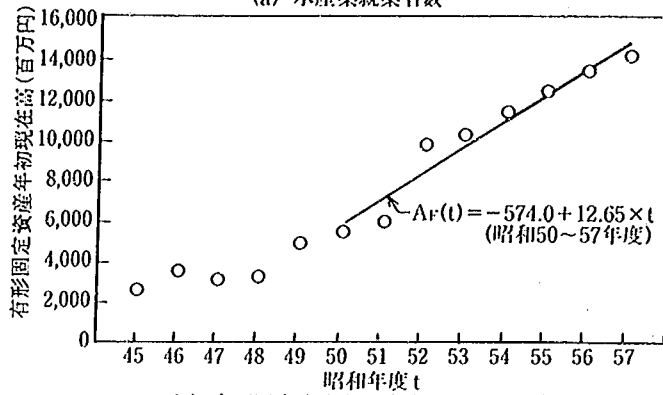


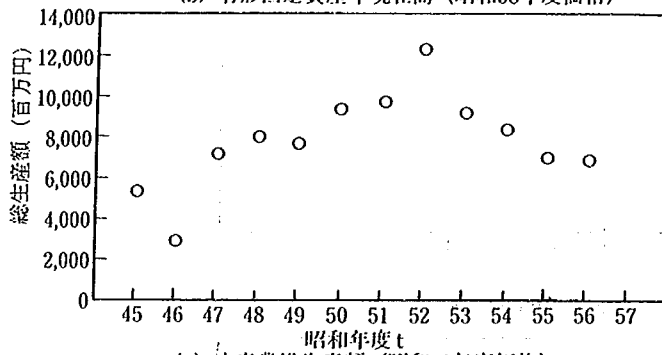
図-3.7 秋田県の農業従事者、耕地面積、総生産額及び単位耕地面積当りの農業生産額の推移



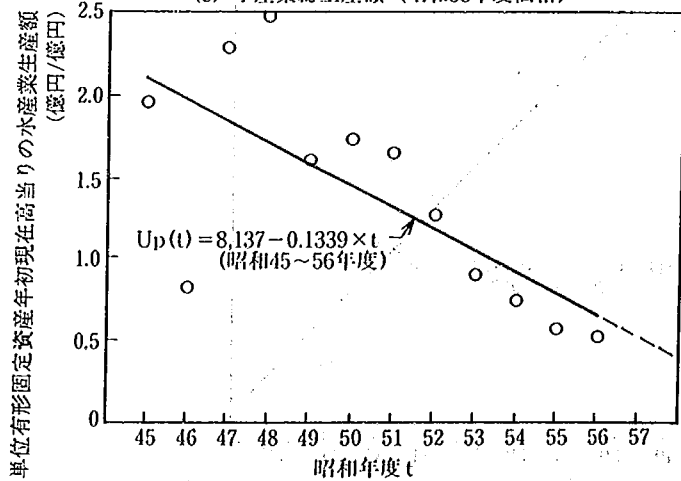
(a) 水産業就業者数



(b) 有形固定資産年初現在高 (昭和58年度価格)

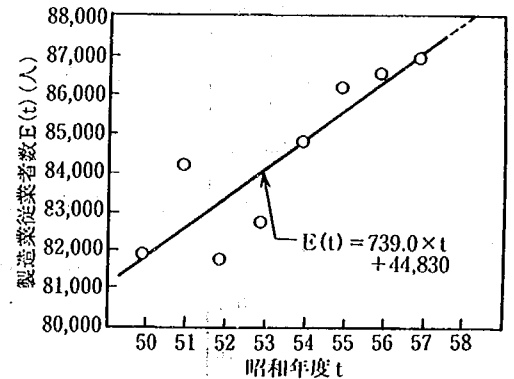


(c) 水産業総生産額 (昭和58年度価格)

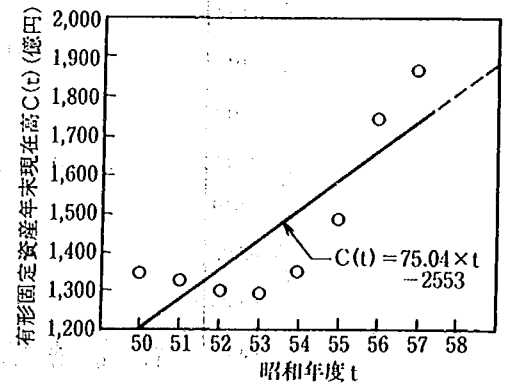


(d) 単位有形固定資産年初現在高当りの水産業生産額 (昭和58年度価格)

図-3.8 秋田県の水産業の従事者数、有形固定資産年初現在高、総生産額及び単位有形固定資産年初現在高当りの生産額の推移



(a) 製造業従業者数



(b) 有形固定資産年末現在高 (昭和58年度価格)

図-3.9 秋田県の製造業諸データ

年度の農業総生産額

P(58)：昭和58年度の農業総生産額

(2) 水産業

水産業に関連する主要な統計資料を示すと図-3.8のようになる。これらを用いて、まず、総生産額を漁業就業者数及び有形固定資産年初現在高の関数として式(2-3)のコブ・ダグラス型の生産関数を求めたが、精度が低く、さらに、式(2-5)による有形固定資産年初現在高と総生産額との関係も相関の高い結果が得られなかった。このため、単位有形固定資産年初現在高に対する総生産の原単位を時系列解析し、昭和57年度及び昭和58年度の総生産額を推定することとする。

昭和45年度から昭和56年度の12年間における単位有形固定資産年初現在高当りの水産業の総生産額⁽²⁵⁾⁽²⁶⁾の時系列は、図-3.8(d)のようになり、これを回帰すると次式のようにになる。

$$U_p(t) = 8.137 - 0.1339 \times t \quad \dots\dots\dots (3-8)$$

$$(R=0.715)$$

ここで、

 $U_p(t)$ ：単位有形固定資産年初現在高当りの水産

業の総生産額

(億円/億円)

t：昭和で表わした年度

したがって、昭和58年度の原単位 $U_p(t)$ は、0.3719(億円/億円)となる。

次に、図-3.8(b)に示した昭和50年度から昭和57年度の8年間における有形固定資産年初現在高(億円)の時系列解析により、次式が得られる。

$$A_F(t) = -574.0 + 12.65 \times t \quad \dots\dots\dots (3-9)$$

$$(R=0.968)$$

ここで、

 $A_F(t)$ ：有形固定資産年初現在高(億円)

t：昭和で表わした年度

式(3-9)を外挿して昭和58年の有形固定資産年初現在高 $A_F(58)$ を想定すると、159億8,600万円となる。

以上より、震災が生じなかったとした場合の昭和58年度の総生産額 $P_n(58)$ は次のように推定される。

$$P_n(58) = U_p(58) \times A_F(58)$$

$$= 0.3719 \times 159.86$$

$$= 59.45 \text{ (億円)} \quad \dots\dots\dots (3-10)$$

表-3.13 昭和57年度の秋田県の製造業従業員者数、有形固定資産年末現在高及び製造品出荷額等(単位：百万円)

産 業 部 内	従 業 員 (人)	有 形 固 定 資 産 年 末 現 在 高	製 造 品 出 荷 額 等
食 料 品	9,725	16,603	120,421
機 織	3,571	3,433	15,677
衣 服	14,918	5,535	39,676
製 材 ・ 木 製 品	11,167	12,036	145,814
家 具	2,119	1,409	15,728
パ ル プ ・ 紙	1,069	19,380	37,552
印 刷 ・ 出 版	2,932	3,621	20,919
皮 革 ・ 皮 革 製 品	950	137	4,369
ゴ ム 製 品	172	— 注)	1,061
化 学 製 品	807	15,227	29,300
石 油 ・ 石 炭 製 品	375	— 注)	42,523
窯 業 ・ 土 石 製 品	3,671	5,723	50,708
鉄 鋼	1,126	1,880	14,433
非 鉄 金 属 , 地 金	1,255	17,800	81,109
金 属 製 品	2,547	3,191	26,683
一 般 機 械	3,202	5,102	25,804
電 気 機 械	19,425	43,066	187,907
輸 送 機 械	1,804	9,541	33,377
精 密 機 械	2,725	11,817	20,296
そ の 他 の 製 造 業	3,352	1,277	20,418

注) この値については公表されていない

一方、地震によって被害を受けた漁業施設総額は、42億円と報告されているので、被災後の生産可能額 $P(58)$ は次のように推定される。

$$P(58) = U_p(58) \times (A_p(58) - 42) \\ = 43.83 \text{ (億円)} \quad \dots\dots\dots (3-11)$$

したがって、漁業部門の地震による生産性低下率 α_p は以下のように推定される。

$$\alpha_p = \frac{P_n(58) - P(58)}{P_n(58)} = 26.3\% \quad \dots\dots\dots (3-12)$$

(3) 製造業

表-3.13に示す昭和57年度の秋田県の製造業の統計資料を用いて、コブ・ダグラス型生産関数を少し変形して、製造品出荷額等の推定式を求める。いま、式(2-3)で、 $c = 1$ と仮定して両辺を L で割り対数をとると、次式のようになる。ただし、式(2-3)の K 及び L のかわりに、それぞれ、 C 、 E と表示する。

$$\ln\left(\frac{G}{E}\right) = \ln a + b \cdot \ln\left(\frac{C}{E}\right) \quad \dots\dots\dots (3-13)$$

ここで、

C : 有形固定資産年末現在高 (億円)

E : 従業者数 (人)

G : 製造品出荷額等 (億円)

いま、 G/E 及び C/E をそれぞれ1つの変数と見なすと、式(3-13)は G/E 及び C/E に対する単回帰式である。各産業に対して式(3-13)が最も近似がよいようにパラメーター a 、 b を定めると次式が得られる。

$$\ln\left(\frac{G}{E}\right) = -0.132 + 0.519 \cdot \ln\left(\frac{C}{E}\right) \quad \dots\dots\dots (3-14)$$

これをもとの式の形に変換すると、製造品出荷額等 G (億円) は、有形固定資産年末現在高 C (億円) 及び従業者数 E (人)²⁷⁾ の関数として次のように与えられる。

$$G = 0.877C^{0.519}E^{0.481} \quad \dots\dots\dots (3-15)$$

一方、図-3.9に示すように、昭和50年度～昭和57年度までの資料から、従業者数及び有形固定資産年末現在高の時系列分析を行うと次のようになる。

$$E(t) = 739.0 \times t + 44,830 \quad \dots\dots\dots (3-16)$$

$$C(t) = 75.04 \times t - 2,553 \quad \dots\dots\dots (3-17)$$

ここで、

$E(t)$: 昭和 t 年度における従業者数 (人)

$C(t)$: 昭和 t 年度における有形固定資産年末現在高 (億円)

式(3-16)及び式(3-17)を外挿して、昭和58年度の従業者数 $E(58)$ 及び有形固定資産年末現在高 $C(58)$ を求めると、それぞれ、87,700人、1,799億4,300万円

となる。これを式(3-15)に代入すると、震災がなかったとした場合の昭和58年度の製造品出荷額等 $P_n(58)$ は、1兆227億4,100万円と推定される。

これに対して、日本海中部地震による製造業の施設被害額は表-3.7より29億2,482万円であるから、これを有形固定資産年末現在高より差し引くと、震災後の生産可能額 $P(58)$ は式(3-15)より次のように推定される。

$$P(58) = 0.877 \times (C(58) - 29.2482)^{0.519} \\ \times 87,700^{0.481} \\ = 10,140 \text{ (億円)} \quad \dots\dots\dots (3-18)$$

したがって、製造業の生産性低下率 α_p は次のように推定される。

$$\alpha_p = \frac{P_n(58) - P(58)}{P_n(58)} = 0.85\% \quad \dots\dots\dots (3-19)$$

(4) 卸・小売業

卸・小売業の生産性低下率の算定に際しては、式(2-3)の民間資本ストック K に相当する適切な統計値が存在しない。このため、ここでは、施設被害額を従業者数の減少に換算して生産性低下率を求めることとする。

昭和50年度～昭和56年度の秋田県の卸・小売業の販売額と従業者数の関係²⁴⁾²⁸⁾を示すと図-3.10(a)のようになり、これを回帰すると次式のようになる。

$$P = -1,083 + 0.0296 \times E \quad \dots\dots\dots (3-20) \\ (R = 0.972)$$

ここで、

P : 卸・小売業の販売額 (億円)

E : 従業者数 (人)

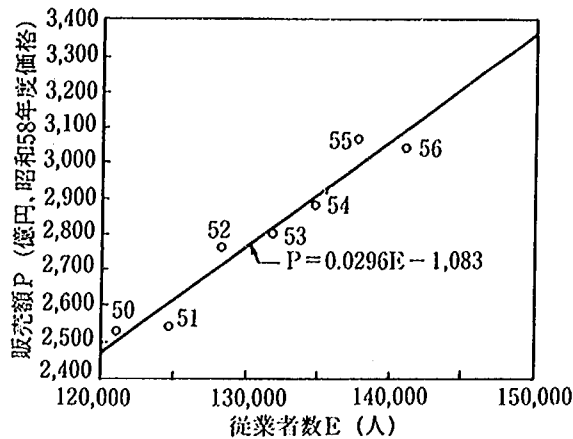
一方、従業者数は図-3.10(b)に示す通りであり、これを時系列解析すると、次式のようになる。

$$E(t) = -42,080 + 3,237 \times t \quad \dots\dots\dots (3-21) \\ (R = 0.999)$$

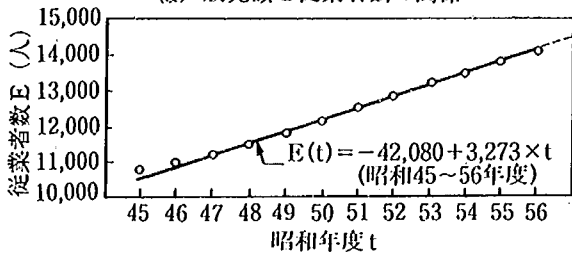
したがって、式(3-21)を外挿すると、昭和58年度の従業者数 $E(58)$ は147,760人と推定される。これを式(3-20)に代入することにより、地震が生じなかったとした場合の昭和58年度の卸・小売業の生産額 $P_n(58)$ は、3,287億4,960万円と推定される。

卸・小売業の施設被害額は、表-3.7に示したように49億1,792万円と言われている。いま、1人当りの商業施設の資産額を142.1万円²⁹⁾と仮定して、商業施設被害額を従業者数に換算すると、491,792(万円)/142.1(万円/人) = 3,460人となる。これだけの従業者が卸・小売業に従事できなかったと見なして、式(3-20)より、震災後の卸・小売業の生産額 $P(58)$ を推定するものとする。次のようになる。

$$P(58) = -1,083 + 0.0296 \times (147,760 -$$



(a) 販売額と従業員数の関係



(b) 従業員数の年度別変化

図-3.10 秋田県の卸・小売業の販売額と従業員数の関係

$$3,460 = 3,185 \text{ (億円)} \dots\dots\dots (3-22)$$

なお、3.2.1(4)に示したように、日本海中部地震により店舗の営業が大きな影響を受けた期間は、平均すると1.1日程度にすぎない。このため、ここでは、店舗が影響を受けた日数に比例させて補正することとした。以上より、卸・小売業の生産性低下率 α_c を推定すると、次のようになる。

$$\alpha_c = \frac{P_n(58) - P(58)}{P_n(58)} \times \frac{1.1}{365} = 0.01\% \dots\dots\dots (3-23)$$

3.4.2 交通施設被害による生産性低下率の算定

道路、鉄道、港湾などの交通施設のうち、3.2.2に示したように、道路に関しては迅速に復旧が行われるとともに、代替路線もあったため、秋田県の経済にはほとんど影響を与えていない。一方、鉄道、港湾については、3.2.2に示した通りであり、かなり大きな影響があった。このため、鉄道及び港湾に対して生産性低下率を次のように算定する。

① 国有鉄道

旅客部門に限り、総生産の1.7%が減少したものと見

表-3.14 製品・商品被害による産業部門別の生産性低下率

産業部門	生産額 (昭和55年度価格, 百万円)	被害額 (千円)		生産性低下率 (%)
		昭和58年度価格	昭和55年度価格	
1. 農 業	291,436	2,418,000	2,299,518	0.79
2. 林 業	78,708	399,550	379,972	0.48
3. 水 産 業	10,921	0	0	0
4. 鉱 業	87,105	0	0	0
5. 製 造 業	1,102,872	1,344,369	1,278,495	0.12
6. 建 設 業	573,677	0	0	0
7. 電気・ガス・水道業	183,587	0	0	0
8. 商 業	437,628	3,436,591	3,268,198	0.75
9. 金融・保険業	108,931	0	0	0
10. 不動産業	251,174	0	0	0
11. 運輸・通信業	292,413	0	0	0
12. サービス業	609,947	0	0	0
13. 公 務	138,100	0	0	0
14. 分類不明	32,691	0	0	0

表-3.15 産業部門別の生産性低下率 (単位: %)

産 業 部 門		①生産・販売基 盤損失による 生産性低下率	②交通施設被害 による生産性 低下率	③製品・商品被 害による生産 性低下率	①, ②, ③のうち 最も大きな生 産性低下率
1.	農 業	1.93	0	0.789	1.93
2.	林 業	0	0	0.483	0.483
3.	水 産 業	26.27	0	0	26.27
4.	鉱 業	0	0	0	0
5.	製 造 業	0.847	0	0.116	0.847
6.	建 設 業	0	0	0	0
7.	電気・ガス・水道業	0	0	0	0
8.	商 業	0.009	0	0.747	0.747
9.	金 融 ・ 保 険 業	0	0	0	0
10.	不 動 産 業	0	0	0	0
11. 運 通 輸 信 業	道 路	0	0	0	0
	国 有 鉄 道	0	1.7 ¹⁾	0	1.7
	海 洋 輪 送	0	45.0 ²⁾	0	45.0
12.	サ ー ビ ス 業	0	0	0	0
13.	公 務	0	0	0	0
14.	分 類 不 明	0	0	0	0

注) 1) 旅客輸送部門のみ

2) 電力部門のみ

なし、これを生産性低下率と見込む。

② 海洋輸送

電力部門に対してのみ45%の減少が生じたものと見なし、これを生産性低下率と見込む。

3.4.3 製品・商品被害による生産性低下率の算定

製品・商品の被害額は表-3.7に示した通りである。ここではこれらの被害額と産業連関表に示されている生産額との比をとって生産性低下率を推定することにする。産業連関表は昭和55年度価格で表示されているため、GNPデフレーターを用いて被害額も昭和55年度当時の値に換算した。このようにして推定した産業部門別の生産性低下率を表-3.14に示す。

3.4.4 日本海中部地震による生産減少額の算定

(1) 一次生産減少額

以上に示した生産・販売基盤損失による生産性低下率、交通施設被害による生産性低下率、製品・半製品・原材料被害による生産性低下率の3者と、これらのう

ちの最も大きな生産性低下率を産業部門別にまとめると、表-3.15のようになる。3者のうちで最も大きな生産性低下率を与える産業部門に着目すると、水産業では生産性低下率が26.3%と最も大きく、日本海中部地震が水産業に多大な影響を及ぼしたことを反映している。

解析には、昭和55年度の秋田県産業連関表を用いた。これは、電算解析に用いることのできるMTベースの産業連関表が5年ごとに作成されており、解析を行った時点で昭和58年日本海中部地震に最も近い産業連関表が昭和55年度版であったためである。したがって、ここでは昭和55年度～昭和58年度間には、秋田県の産業構造には大きな変化はないと仮定することとする。投入に関しては産業大分類(14部門)、産出部門に関しては統合小分類(164部門)をそれぞれ用いた。なお、輸送部門に関しては、投入に統合小分類を用いた。

これらをもとに、2.2.2に示した方法で、一次生産減少額を試算し、これを統合大分類(31部門)に集計した結果が表-3.16である。これによれば、一次生産減少

表-3.16 生産性低下による直接被害額 (昭和58年度価格, 単位: 百万円)

産 業 部 門 名	元の生産額	減少額	減少割合%
1. 耕 種 農 業	253,591	4,904	1.93
2. 畜 産	52,861	1,022	1.93
3. 林 業	82,763	1,036	1.25
4. 漁 業	11,484	3,017	26.27
5. 鉱 業	91,593	776	0.85
6. 食 料 品	181,696	18,550	10.21
7. 機 織 ・ 衣 服	100,533	1,811	1.80
8. 木 材 ・ 木 製 品	236,815	2,360	1.00
9. パ ル プ ・ 紙	48,441	700	1.45
10. 印 刷 ・ 出 版	20,216	171	0.85
11. 皮 革 ・ ゴ ム 製 品	1,345	22	1.64
12. 化 学 製 品	35,087	302	0.86
13. 石 油 ・ 石 炭 製 品	43,510	422	0.97
14. 窯 業 ・ 土 石 製 品	47,586	403	0.85
15. 鉄 鋼	13,856	118	0.85
16. 非鉄金属・金属製品	146,441	1,240	0.85
17. 一 般 機 械	44,307	375	0.85
18. 電 気 機 械	149,560	1,266	0.85
19. 輸 送 機 械	62,861	532	0.85
20. 精 密 機 械	14,834	125	0.84
21. その他の製造業	12,609	3,312	26.27
22. 建 築	356,349	5,281	1.48
23. 土 木	246,886	4,775	1.93
24. 電気・ガス・水道業	193,046	73,018	37.82
25. 商 業	460,177	7,823	1.70
26. 金 融 ・ 保 険 業	114,544	1,947	1.70
27. 不 動 産 業	264,116	4,218	1.60
28. 運 輸 ・ 通 信 業	307,479	5,227	1.70
29. サ ー ビ ス 業	641,374	95,402	14.87
30. 公 務	145,216	7,322	5.04
31. 分 類 不 明	34,375	665	1.93
合 計	4,415,552	248,142	5.62

額の合計は2,481億円となり、これは日本海中部地震による直接被害額1,482億円の1.7倍に相当する。一次生産減少額の内訳を見ると、サービス業の954億円、電気・ガス・水道業の730億円が群を抜いて大きな値となっている。

(2) 二次生産減少額

式(2-11)および式(2-12)により第二次生産減少額を算定した結果が表-3.17である。これによれば、第二次生産減少額は、サービス業で188億円、商業で108

億円と大きく、全体では1,146億円となっている。第一次生産減少額は生産額ベースでは2,481億円であるから、第二次生産減少額はこの46.2%に相当することになる。

3.5 公共復旧事業による経済効果

震災復旧事業のために表-3.12に示した復旧費が使用されたが、この事業費は建設資材購入などを通じ、秋田県下の生産を誘発し、県民生産、所得、税収等の増

表-3.17 産業部門別の第一次及び第二次生産減少額 (昭和58年度価格, 単位: 百万円)

投 入 項 目		第1次生産減少額	第2次生産減少額	総生産減少額
産 業 部 門	1. 耕 種 農 業	1,450.48	472.37	1,922.85
	2. 畜 産	696.34	375.38	1,019.21
	3. 林 業	484.74	1,885.97	2,370.72
	4. 漁 業	1,186.44	146.10	1,332.45
	5. 鉱 業	303.89	1,544.57	1,848.48
	6. 食 料 品	14,826.34	880.50	15,706.85
	7. 繊 維 ・ 衣 服	1,138.38	22.347	1,360.72
	8. 木 材 ・ 木 製 品	1,864.08	1,817.01	3,663.09
	9. パ ル プ ・ 紙	554.74	138.26	693.01
	10. 印 刷 ・ 出 版	82.81	588.92	671.71
	11. 皮 革 ・ ゴ ム 製 品	14.28	1.74	16.01
	12. 化 学 製 品	209.83	117.41	327.23
	13. 石 油 ・ 石 炭 製 品	341.37	283.65	625.02
	14. 窯 業 ・ 土 石 製 品	272.45	793.49	1,065.95
	15. 鉄 鋼	69.83	-24.34	45.49
	16. 非鉄金属・金属製品	986.25	460.00	1,446.24
	17. 一 般 機 械	237.51	124.61	362.10
	18. 電 気 機 械	784.49	393.19	1,177.69
	19. 輸 送 機 械	319.64	1,116.97	1,436.60
	20. 精 密 機 械	76.09	10.18	86.28
	21. その他の製造業	2,193.31	48.70	2,242.01
	22. 建 築	3,212.27	4,647.49	7,859.76
	23. 土 木	2,622.08	4,184.87	6,806.95
	24. 電気・ガス・水道業	47,637.18	2,358.30	49,995.48
	25. 商 業	2,423.51	10,826.14	13,249.65
	26. 金 融 ・ 保 険 業	520.78	4,193.80	4,714.57
	27. 不 動 産 業	684.24	1,174.79	1,859.04
	28. 運 輸 ・ 通 信 業	3,439.74	9,589.94	13,029.67
	29. サ ー ビ ス 業 務	35,208.37	18,778.96	53,987.33
	30. 公 務	1,840.25	6,614.81	8,455.05
	31. 分 類 不 明	669.01	121.77	790.78
	合 計	126,332.48	73,887.69	200,220.16
付 加 価 値 部 門	1. 家計外消費支出	3,603.20	1,467.00	5,070.20
	2. 雇 用 者 所 得	65,104.81	25,491.32	90,596.08
	3. 営 業 余 剰	33,810.08	9,299.50	43,109.58
	4. 資 本 減 耗 引 当	15,471.16	3,876.51	19,347.66
	5. 間 接 税	6,093.81	1,296.99	7,390.80
	6. 補 助 金	-2,271.68	-732.67	-3,004.34
	合 計	121,811.31	40,698.69	162,509.99
総 合 計		248,143.80	114,586.35	362,730.15

表-3.18 災害復旧関連事業投資より求めた最終需要ベクトル (昭和58年度価格, 単位: 千円)

産 業 部 門		農林関係以外公 共事業災害復旧	農林関係公共事 業災害復旧	合 計
産 業 部 門	1. 耕 種 農 業	55,302	6,888	62,190
	2. 畜 産	0	0	0
	3. 林 業	116,831	21,157	137,988
	4. 漁 業	0	0	0
	5. 鉱 業	1,671,274	365,612	2,036,886
	6. 食 料 品	0	0	0
	7. 繊 維 ・ 衣 服	43,130	9,464	52,594
	8. 木 材 ・ 木 製 品	556,610	169,225	725,835
	9. パ ル プ ・ 紙	141	0	141
	10. 印 刷 ・ 出 版	84,149	22,157	106,306
	11. 皮 革 ・ ゴ ム 製 品	13,826	7,880	21,706
	12. 化 学 製 品	30,219	4,149	34,368
	13. 石 油 ・ 石 炭 製 品	581,096	126,702	707,798
	14. 窯 業 ・ 土 石 製 品	8,727,590	2,298,269	11,025,859
	15. 鉄 鋼	1,496,889	356,649	1,853,538
	16. 非鉄金属・金属製品	366,113	44,979	411,092
	17. 一 般 機 械	762,833	178,907	941,740
	18. 電 気 機 械	56,850	12,284	69,134
	19. 輸 送 機 械	20,193	5,396	25,589
	20. 精 密 機 械	844	164	1,008
	21. その他の製造業	91,361	22,822	114,183
	22. 建 築	58,292	8,381	66,673
	23. 土 木	0	0	0
	24. 電気・ガス・水道業	390,563	91,023	481,586
	25. 商 業	0	0	0
	26. 金融・保険業	347,468	115,838	463,306
	27. 不 動 産 業	260,997	26,216	287,213
	28. 運輸・通信業	1,153,854	108,376	1,262,230
	29. サ ー ビ ス 業 務	623,944	226,452	850,396
	30. 公 務	0	0	0
	31. 分 類 不 明	8,056	269,102	277,158
	中 間 投 入 計	17,518,425	4,498,092	22,016,517
付 加 価 値 部 門	1. 家計外消費支出	824,573	197,743	1,022,316
	2. 雇 用 者 所 得	12,112,280	3,165,103	15,277,383
	3. 営 業 余 剰	2,903,403	725,573	3,628,976
	4. 資 本 減 耗 引 当	1,621,319	441,366	2,062,685
	5. 間 接 税	326,361	89,622	415,983
	6. 補 助 金	-126,822	-17,926	-144,748
粗付加価値部門計		17,661,114	4,601,481	22,262,595
生 産 額		35,179,539	9,099,573	44,279,112

表-3・19 公共復旧投資による誘発額の部門内訳 (昭和58年度価格, 単位: 百万円)

投 入 項 目		第一次生産誘発額	第二次生産誘発額	総生産誘発額
産 業 部 門	1. 耕 種 農 業	119.63	136.33	255.96
	2. 畜 産	6.81	108.34	115.15
	3. 林 業	372.43	544.30	916.73
	4. 漁 業	3.72	42.14	45.86
	5. 鉱 業	3,989.64	445.77	4,435.41
	6. 食 料 品	23.41	254.12	277.52
	7. 繊 維 ・ 衣 服	63.46	64.17	127.63
	8. 木 材 ・ 木 製 品	1,194.76	524.40	1,719.16
	9. パ ル プ ・ 紙	17.68	39.90	57.58
	10. 印 刷 ・ 出 版	201.76	169.96	371.72
	11. 皮 革 ・ ゴ ム 製 品	22.14	0.50	22.64
	12. 化 学 製 品	50.44	33.88	84.32
	13. 石 油 ・ 石 炭 製 品	836.80	81.86	918.66
	14. 窯 業 ・ 土 石 製 品	17,198.52	229.10	17,427.53
	15. 鉄 鋼	1,771.51	-7.02	1,764.49
	16. 非鉄金属・金属製品	532.00	132.76	664.76
	17. 一 般 機 械	1,068.29	35.96	1,104.25
	18. 電 気 機 械	97.06	113.48	210.54
	19. 輸 送 機 械	176.08	322.36	498.44
	20. 精 密 機 械	1.27	2.94	4.21
	21. その他の製造業	127.67	14.05	141.72
	22. 建 築	256.13	1,341.28	1,597.41
	23. 土 木	0.00	1,207.77	1,207.77
	24. 電気・ガス・水道業	1,201.94	680.61	1,882.55
	25. 商 業	788.65	3,124.46	3,913.11
	26. 金 融 ・ 保 険 業	1,242.91	1,210.34	2,453.25
	27. 不 動 産 業	696.10	339.05	1,035.15
	28. 運 輸 ・ 通 信 業	3,395.39	2,767.69	6,163.08
	29. サ ー ビ ス 業 務	1,982.52	5,419.66	7,402.18
	30. 公 務	0.00	1,909.05	1,909.05
	31. 分 類 不 明	334.69	35.14	369.83
	合 計	37,773.36	21,324.22	59,097.58
付 加 価 値 部 門	1. 家計外消費支出	1,324.75	423.38	1,748.13
	2. 雇 用 者 所 得	19,001.72	7,356.87	26,358.59
	3. 営 業 余 剰	5,335.32	2,683.87	8,019.19
	4. 資 本 減 耗 引 当	3,120.96	1,118.77	4,239.73
	5. 間 接 税	670.36	374.31	1,044.67
	6. 補 助 金	-305.64	-211.45	-517.09
	合 計	29,147.45	11,745.75	40,893.21
総 合 計		66,920.81	33,069.98	99,990.79

表-3.20 付加価値から支出への配分構成

配分先 \ 付加価値	雇用者所得		営業余剰	
	パラメータ	変換比率	パラメータ	変換比率
家計消費支出	$(1-Z1-Z2) \cdot (1-SH)$	0.736	$AL \cdot (1-Z1-Z2) \cdot (1-SH)$	0.0353
貯蓄	$(1-Z1-Z2) \cdot SH$	0.184	$(1-Z3-Z4) \cdot (1-SCDI)$	0.506
税金	$Z1+Z2$	0.08	$AL \cdot (Z1+Z2) + (Z3+Z4)$	0.127

注) SH: 個人貯蓄率 (=20%)

Z4: 法人住民税課税率 (=1.9%)

Z1: 所得税課税率 (=5.1%)

AL: 営業余剰より家計へわたる配当の比率 (=4.8%)

Z2: 個人住民税課税率 (=2.9%)

SCDI: 企業の税引後利益の投資率 (=40%)

Z3: 法人税課税率 (=11%)

加を促したと考えられる。この効果を2.2.3に示した手法により産業連関分析を用いて算定する。解析には、昭和55年度秋田県産業連関表統合大分類(31部門)を用いた。

昭和55年度建設部門分析用産業連関表においては、公共事業(農業土木、林道、治山等を除く。以下、これを農林関係以外公共事業と呼ぶ)と農林関係公共事業に分けて災害復旧の各部門への投入係数が示されている³⁰⁾。この投入係数を用い、表-3.12の投資額²⁾を各産業部門に振り分け、最終需要ベクトルを求めた。ただし、建設部門分析用産業連関表は70部門分類であるため、これを秋田県産業連関表の31部門にまとめた上で部門別の配分を行った。

このようにして農業関係公共事業災害復旧とそれ以外の災害復旧に分けて求めた最終需要を表-3.18に示す。これによれば、総額443億円が震災復旧に投資されたが、そのうち220億円が産業部門に投入され、残り223億円が付加価値となったと推定される。なお、震災復旧費443億円は地震による直接被害総額1,482億円の約30%に相当している。

以上の最終需要ベクトルを用いて、第一次生産誘発額を表-3.19に示すように生産額ベース及び付加価値ベースで求めた。これによると、第一次生産誘発額は生産額ベースで669億円、付加価値ベースで291億円となる。

付加価値のうちの雇用者所得190億円および営業余剰53億円(表-3.19参照)は、家計消費支出、貯蓄、税金

表-3.21 公共復旧事業による第1次生産誘発(付加価値)の配分(昭和58年度価格、単位: 百万円)

付加価値分類	雇用者所得からの配分	営業余剰からの配分	配分額合計
家計消費支出	13,985	188	14,173
貯蓄	3,496	2,701	6,197
税金	1,520	676	2,196
合計	19,001	3,565	22,566

表-3.22 公共復旧投資による生産誘発額(昭和58年度価格、単位: 億円)

	第一次生産誘発額	第二次生産誘発額	総生産誘発額	誘発数
生産額ベース	669.21	330.70	999.91	2.761 ¹⁾
付加価値ベース	291.48	117.46	408.93	1.426 ²⁾

注1) 公共復旧投資総額に対する比

2) 付加価値部門に投入された公共復旧投資額に対する比

に配分される。これらの配分構成を表-3.20¹⁾~³⁾のようになると、家計消費支出、貯蓄、税金は表-3.21のようになる。これによると、雇用者所得および営業余剰を合わせた243億円のうちの58%に相当する142億円が家計消費支出にまわることになる。

この家計消費支出142億円は、新たに産業を刺激し経済を活性化させるものである。したがって、家計消費支出142億円から新たに最終需要ベクトルを求め、第二次生産誘発額を算出すると表-3.19に示すようになる。これによると、公共復旧投資による第二次生産誘発額は、生産額ベースで331億円、付加価値ベースで117億円と推定される。

以上に示した第一次および第二次生産誘発額をまとめると表-3.22ようになる。ここで、第一次生産誘発額には、震災復旧費443億円も加えている。これは、震災復旧費も秋田県下で生産額として計上されているためである。これによると、投入された震災復旧費443億円は秋田県下に約1,000億円の生産を誘発し、409億円の付加価値を生じさせたことがわかる。この付加価値は、昭和58年度の秋田県総生産（付加価値ベース）の推定値2兆3,480億円の1.7%に相当している。

3.6 民間住宅復旧による経済効果

公共復旧事業と同様に、住宅復旧のために民間レベルで費やされた費用も、秋田県の経済にプラスの効果を与えたと考えられる。ここでは、公共土木事業に次いで267億円と大きな被害を受けた住宅の復旧によるプラス効果を算定することとする。

能代市において住宅被害を受けた世帯が復旧に費やした費用については表-3.23に示すような詳細な調査が行われている。秋田県内の住宅1戸当りの平均復旧費用が能代市における平均復旧費¹⁰⁾と等しいものと仮定し、これに表-3.2に示される秋田県内の住宅被害件数を乗じて、民間レベルで住宅復旧に投資された復旧資金を求めると以下ようになる。

全壊	1,189戸×541.3万円/戸
	=643,606万円
半壊	2,713戸×171.7万円/戸
	=465,822万円
一部損壊	2,943戸×26.0万円/戸
	=76,518万円
計	1,185,946万円

この合計額に住宅建設部門の投入係数ベクトルを乗じて、最終需要ベクトルを算出し、2.2.3に示した手順

表-3.23 能代市における被害家屋の平均復旧費用とその内訳

	平均復旧費（万円）			サンプル数
	復旧費	家具復旧費	計	
全壊	541.3	13.8	555.1	39
半壊	171.7	5.0	176.7	89
一部損壊	26.0	4.8	30.8	17

表-3.24 住宅復旧による生産誘発額（昭和58年度価格、単位：億円）

	第一次生産誘発額	第二次生産誘発額	総生産誘発額	誘発定数
生産額ベース	184.39	64.40	248.80	2.512 ¹⁾
付加価値ベース	67.50	22.87	90.37	1.176 ²⁾

注1) 住宅復旧投資総額に対する比

2) 付加価値部門に投入された建築物復旧投資額に対する比

により第一次生産誘発額および第二次生産誘発額を求めた。

以上のようにして求めた住宅復旧による生産誘発額を表-3.24に示す。これによれば、生産額ベースおよび付加価値ベースの生産誘発額は、それぞれ249億円、90億円と推定される。付加価値ベースの生産誘発額90億円は、昭和58年度の秋田県総生産の推定額2兆3,480億円の0.38%に相当する。

3.7 日本海中部地震が秋田県の生産活動に与えた影響

以上のように、日本海中部地震による経済的被害を、商品、施設等の破損という直接的被害に加え、商品、施設、運輸手段の消失によってもたらされる生産性の低下、さらには、減少した生産に起因する波及的な消費額の減少等によりとらえてきた。また、災害復旧投資が経済に与えるプラスの影響の算定も行った。これらの結果をまとめると、表-3.25のようになる。これによると、直接被害額とこれによる生産減少額を加えた

表-3.25 日本海中部地震が秋田県の経済に与えた影響（昭和58年度価格，単位：億円）

生産額 区分	①直接 被害額	②直接被害による生産減少額				③総被 害額 (=①+ ②)	④公共復旧 投資による 生産誘発額			⑤住宅復旧 投資による 生産誘発額			⑥復旧投 資による 生産誘発 額(=④+ ⑤)	⑦地震 の影響 (=②- ⑥)	県内総生 産額に対 する比率 (%)
		製品・ 商品被害	一次	二次	合計		一次	二次	合計	一次	二次	合計			
生産額 ベース	1,481	83 ¹⁾	2,481	1,146	3,710	5,109	669	331	1,000	184	61	249	1,249	-2,461	5.2 ³⁾
付加価値 ベース	734	41 ²⁾	1,218	407	1,666	2,359	292	117	409	67	23	90	499	-1,167	5.0 ⁴⁾

注1) 製品・商品被害額の和

2) 1)に付加価値率0.495を乗じて推定したもの

3) 推定昭和58年度県内総生産2兆3,480億円を付加価値率0.495で除して生産額にした4兆7,430億円に対する比率

4) 推定昭和58年度県内総生産2兆3,480億円に対する比率

総被害額は、生産額ベースで5,109億円、付加価値ベースで2,359億円となる。これは、地震が生じなかったとした場合の秋田県の昭和58年度の県内総生産の10.8%（生産額ベース）、10.0%（付加価値ベース）となる。

実際には、これに復旧投資による生産誘発があったため、これを考慮すると、日本海中部地震は秋田県に、生産額ベースで2,461億円、付加価値ベースで1,167億円の損失を与えたと推定される。

地震が生じなかったとした場合の昭和58年度県内総生産は2兆3,480億円（付加価値ベース）と推定されることから、昭和58年度に実際に計上される県内総生産額は2兆2,313億円程度と推定される。これに対して、秋田県統計課によれば、昭和58年度の秋田県内総生産は2兆2,561億円（付加価値ベース）と報告されている²⁴⁾。したがって、実際の県内総生産と本解析で推定した値の差は248億円であり、推定はかなりの精度で行われたといえよう。

4. 宮城県沖地震に対する適用例

4.1 宮城県沖地震の概要

宮城県沖地震は1978年6月12日午後5時14分頃、宮城県金華山東方沖約60kmに発生したマグニチュード7.4、震源深さ40kmの地震である。気象庁震度階Ⅲ以上を記録した地域は図-4.1に示すとおりであり、仙台、福島、大船渡、新庄では震度Ⅴ強震を記録した。

道路橋、ダム、港湾施設等の公共土木施設を中心とする構造物上及びその周辺地盤上で観測された最大加速度の分布を図-4.2³⁴⁾に示す。地盤上における最大加速度が最も大きかったのは、宮城県石巻市の開北橋周辺地盤上であり、0.3g弱に達している。

宮城県沖地震は宮城県を中心として東北地方に大きな被害を与えた。表-4.1は、宮城県、福島県、岩手県及びその他の地域における被害をまとめたものである。被害は宮城県に集中しており、死者及び負傷者はそれぞれ27人、10,962人に及んでいる。

表-4.2に宮城県から発表された宮城県内の被害額を示す³⁵⁾。被害総額は2,688億円に達しており、中でも商工業関連被害が957億円と最も大きく、被害総額の36%を占めている。

4.2 宮城県沖地震による経済被害の概要

4.2.1 産業関連被害

(1) 農業関連被害

農業関係の被害額は、124億9,400万円（耕地、農産物、畜産、養蚕の合計）であり、その内訳は表-4.2³⁵⁾に示したとおりである。水田及び畑を合わせて61.2haが影響を受けたと報告されており、農地の被害額は合計1億3,200万円と報告されている。農作物、畜産の被害額は、それぞれ18億7,300万円、3億4,500万円である。

(2) 林業関連被害

林業関係被害の総額は、表-4.2³⁵⁾に示したように、林

表-4.1 宮城県沖地震による被害の概要

	区 分	単位	宮 城	福 島	岩 手	その他	計
人的被害	死 者	人	27	1	0	0	28
	負 傷 者	"	10,962	49	11	0	11,022
施設被害	道 路	箇所	2,154	31	144	9	2,338
	橋 梁	"	236	5	16	1	258
	河 川	"	482	6	32	1	521
	文教施設	"	548	24	88	0	660
	船 舶	隻	17	0	0	0	17
	水道	戸	88,000	—	—	—	—
住家被害	電 気	"	419,100	90,500	—	41,627	—
	全 壊	戸	1,377	6	0	0	1,383
	半壊・一部破損	"	131,493	1,732	628	1	133,854

地・林道・治山被害が3億9,000万円、林産施設被害が4億6,000万円、林産物被害が1,289万円、計8億6,300万円である。

(3) 水産業関連被害

水産業関連被害は、地震に伴う津波、高潮がほとんど影響しなかったことから、比較的軽微であった。主要な被害としては表-4.2³⁵⁾に示したように、漁港施設被害の24億9,300万円、及び、水産・養殖施設被害の12億7,800万円がある。

(4) 商工業関連被害

商工業関連被害額については表-4.2³⁵⁾に示した通りであり、全被害額の36%を占める甚大な被害を生じた。なお、宮城県から発表された商工業関連被害額は、製品・商品被害額と施設被害額とに分けられていない。日本海中部地震では秋田県内の商工業関連被害に占める製品・商品被害額及び施設被害額の割合が表-4.3に示すように調査されているので、ここではこの割合を準用して、宮城県の商工業被害を推定することとした。

宮城県商工労働部が行った調査³⁶⁾によれば、休業した商店は全県の約20%程度であり、休業した日数は平均して1.5日程度であったと言われている。

4.2.2 運輸関連被害

(1) 道路被害

道路の被害箇所は、表-4.4に示すように2,147箇所であり、このうち38箇所が全面通行止めの処置が、また、東北縦貫自動車道の白河～築館間と一関～平泉間で全

面閉鎖の処置が、それぞれとられている³⁴⁾。しかしながら、東北縦貫自動車道が順次運転を再開していったことに加え、主要幹線国道である国道4号及び6号で規制を伴う被害（片側通行、地震発生翌朝までに解除）が3件しか発生しなかったこと、および迅速に点検・復旧が行われた結果、図-4.3に示すように落橋箇所等を除くほとんどの箇所を地震発生後3日以内には開通させることができたことから、貨物の輸送等にはほとんど影響を与えなかったものと考えられる。

(2) 国鉄被害

国鉄の被害は、東北本線、仙石線、気仙沼線、石巻線、東北貨物線等を中心として生じた。被害件数は673件にのぼり、そのうちの約73%は軌道に関連する被害であった³⁴⁾。

地震発生後、ただちに管内列車の運転が中止されたが、途中抑止された旅客列車の乗客に対してはバス、タクシーによる代替輸送が行われた。不通箇所の復旧は、気仙沼線を除き地震発生後10日以内に終了しており、旅客輸送に関しては全体として大きな影響を与えなかったと考えられる³⁷⁾。また、貨物については、東北貨物線の被害が大きく、運転再開が大幅に遅れたが、一関以北で北海道方面の貨車については、奥羽本線などに切り換えて迂回輸送が行われると同時に、トラックによる代替輸送等の対応もとられた。

(3) 港湾被害

港湾の被害は、宮城県の石巻港及び塩釜港を中心として、海岸線沿い約100kmの範囲にわたって生じた。表

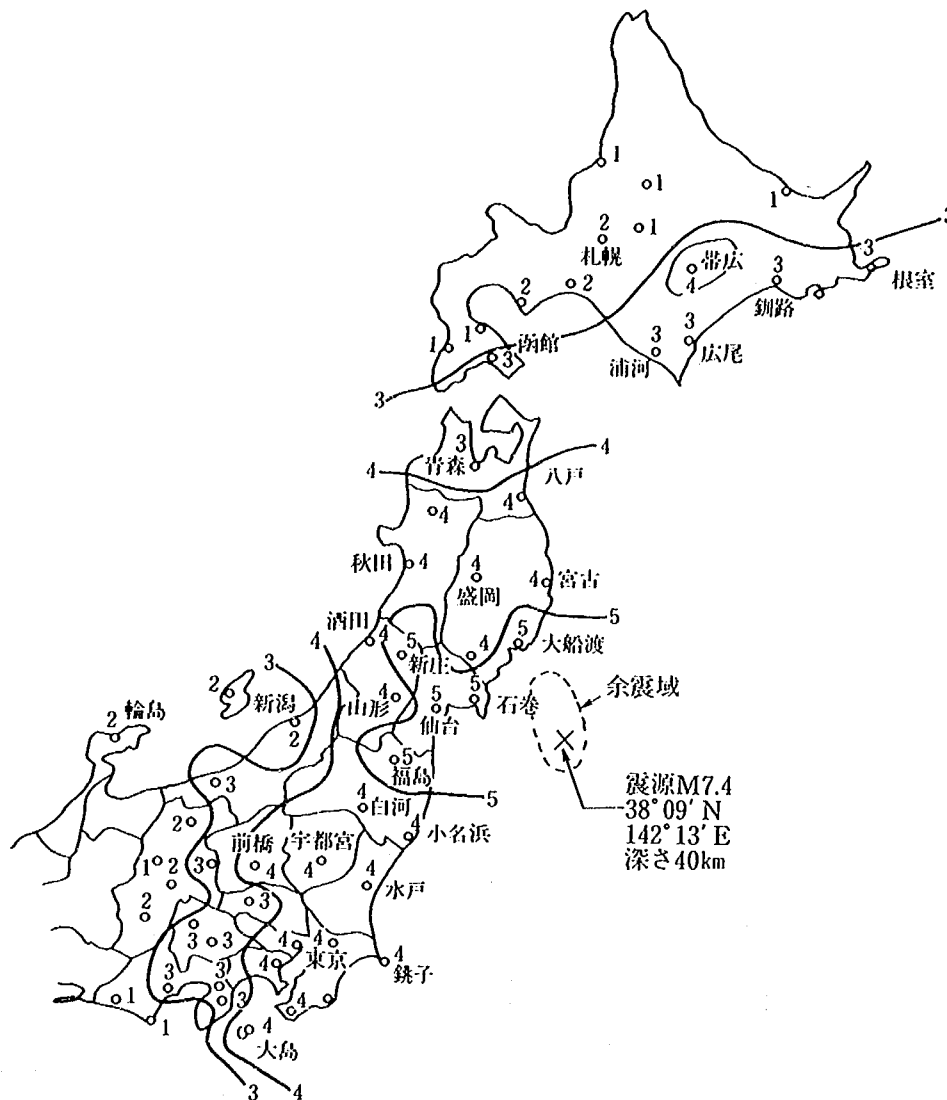


図-4.1 宮城県沖地震による震源及び各地の震度

-4.5に被災した港湾の被害額を示す³⁵⁾。このため、宮城県内の港湾施設に依存する原木、原油、セメント、重油、石油製品等の主要品目の取扱量に影響があったと考えられる。しかしながら、図-4.4に示す昭和50年度～昭和53年度の取扱量の推移³⁶⁾を見ると、昭和53年度に明確に取扱量の減少が認められる品目は原油のみである。したがって、ここでは、原油の取扱量の減少に対して、原油の主要な需要先である東北電力が、原油取扱量の減少分だけ電力生産を抑えたとして生産性低下を推定することとする。

昭和50年度～53年度の原油取扱量の変化は図-4.4(a)

に示した通りである。宮城県沖地震が発生する前の昭和50～52年度の3カ年の推移を見ると、取扱量は大きく変化しており、回帰式を求めることは困難であるが、昭和53年度の取扱量との差は歴然としている。このため、図-4.4(a)のグラフから、もし地震が発生しなかったとした場合の昭和53年度の取扱量を430万5千tf程度と見なして、昭和53年度の実績値315万4千tfから原油の取扱量の減少率を26.7% $(= (430万5千 - 315万4千) / 430万5千 \times 100)$ と推定した。このため、4-3に示す解析においては、電力部門において26.7%の生産性低下が生じたと仮定して解析を行うこととする。

表-4.2 宮城県沖地震による宮城県の被害状況

区 分		単位	数 量	被害額(千円)	備 考
人	死 者	人	27		
	負 傷 者	"	10,962		重傷者262人、軽傷者10,700人
住 家	全 壊	戸	1,377		
	半 壊	"	6,171	59,959,134	
	一部破損(浸水)	"	125,327		床上浸水3戸、床下浸水2戸、5,300千円を含む
	非 住 宅	"	43,238	18,926,380	
	小 計	"	176,113	78,885,514	
医 療・衛 生 施 設	病 院	棟	119	349,218	公立47棟160,708千円 私立 72棟188,510千円
	診 療 所 等	"	194	40,600	公立10棟 9,500千円 私立104棟 31,100千円
	医 療 機 器 等	件	735	205,509	
	水 道 施 設	箇所		1,733,399	工業用水、広域水道を含む 64市町村2広域水道
	清 掃 施 設	"	37	1,292,377	
	その他の衛生施設	"	34	1,643,463	
	小 計			5,264,566	
商 工	工 場 商 店				大 企 業 653件 25,337,050千円
	その他営業用建築物	棟	53,524	95,753,230	中小企業52,871件 70,416,180千円
	小 計		53,524	95,753,230	
耕 地	農 水 田	ha	61.2	132,000	
	農 業 用 施 設	箇所	1,261	10,134,000	溜池113 頭首工20 揚水機122ほか
	小 計			10,266,000	
農 産 物	農 作 物	ha	834.2	277,873	
	共同利用その他施設	箇所	903	1,595,358	
	小 計			1,873,231	
畜 産	家 畜 等	頭	1,844	2,851	
	畜 産 施 設	箇所	913	338,481	
	畜 産 品 等	件	3	3,575	
養 蚕	小 計			344,907	
	養 蚕 施 設	箇所	7	10,070	
	小 計			3,550	
水 産	漁 港 施 設	箇所	109	2,493,000	外かく施設26箇所 けい留施設70箇所 輸送施設13箇所
	水 産・養 殖 施 設	"	564	1,277,796	
	水 産 物 等	kg	286,880	78,307	
	漁 業 用 資 器 材	件	34	11,210	
	小 計			3,863,863	
林 道	林地・林道・治山	箇所	97	390,377	
	林 産 施 設	"	81	459,970	
	林 産 物	件	6	128,888	
	小 計			863,235	
教 育 施 設	小 学 校	校	360	1,931,173	国公立358校1,918,383千円 私立 2校 12,790千円
	中 学 校	"	171	513,322	国公立170校 512,972千円 私立 1校 350千円
	高 校	"	103	1,617,377	公 立 86校 992,766千円 私立 17校 624,611千円
	そ の 他	箇所	353	3,287,192	国公立153校1,357,534千円 私立200校1,929,658千円
	文 化 財	件	28	244,440	
	小 計			7,593,504	
	道 路	箇所	2,154	5,005,793	
公 共 土 木 施 設	橋 梁	"	236	5,715,705	
	河 川	"	482	12,822,659	
	海 岸	"	14	433,656	
	砂 防 施 設	"	15	437,383	
	港 湾	"	83	3,745,872	外かく施設11箇所 けい留施設26箇所ほか
	小 計	"	2,981	28,161,068	
	鉄道その他交通施設		17	7,062,155	国鉄分6,300,000千円 船舶131,500千円
そ の 他	電 力 施 設			2,960,000	
	通 信 施 設		2,660	850,000	電々公社分
	社 会 福 祉 施 設		212	604,967	
	都 市 施 設		4,129	925,664	下水道838,453千円 都市公園872,211千円
	ガ ス 施 設		190	947,000	
	そ の 他		142,536	22,535,762	
総 計	小 計			35,884,958	
	小 計			268,764,146	

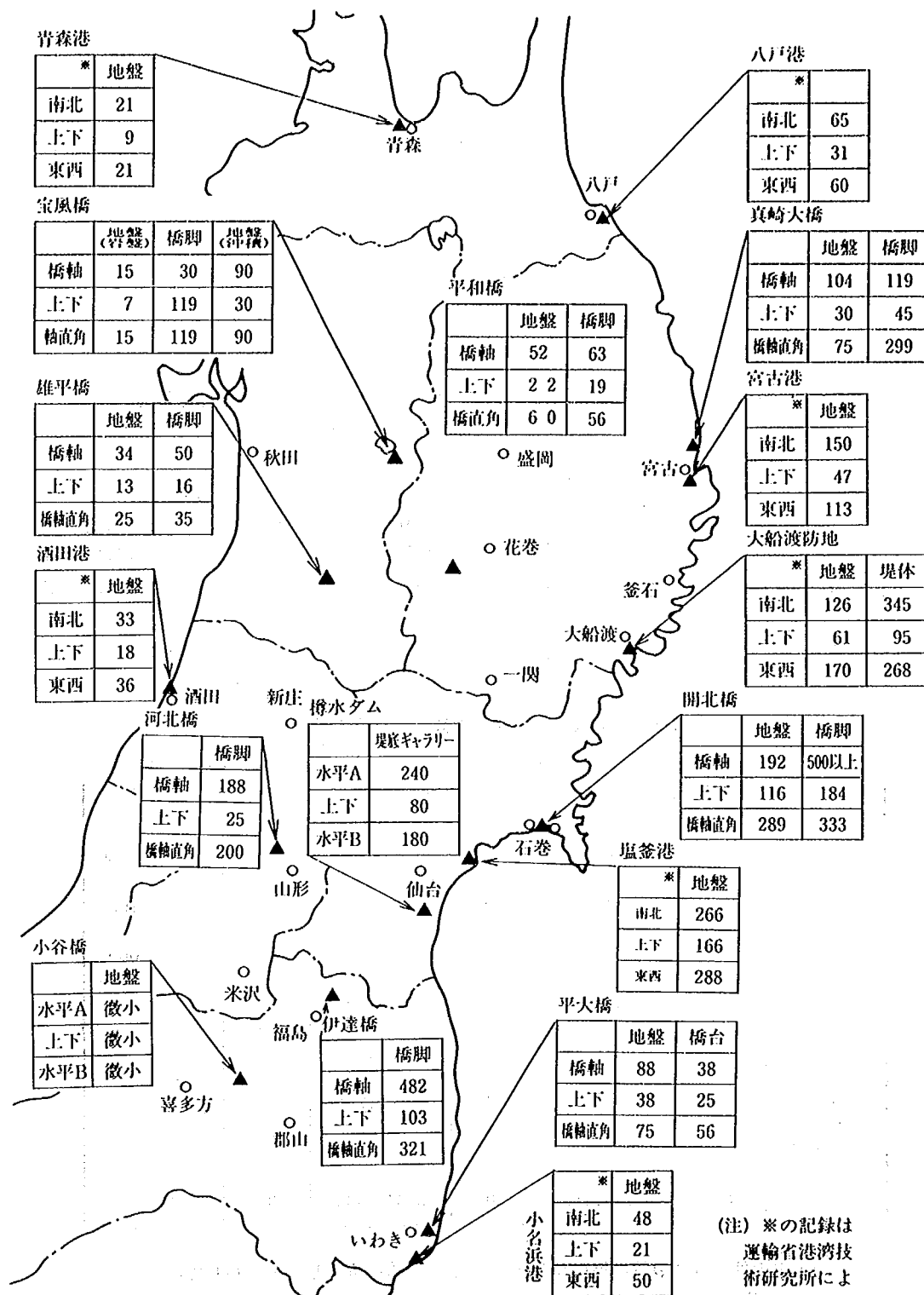


図-4.2 強震記録に基づく最大加速度の分布 (単位: gal)

表-4.3 宮城県の商工業被害額

	商業関係被害額			工業関係被害額		
	施設被害	商品被害	合計	施設被害	製品被害	合計
日本海中部地震による 秋田県の被害額	49.2 (58.9%)	34.4 (41.1%)	83.6 (100%)	29.3 (68.5%)	13.4 (31.5%)	42.7 (100%)
宮城県沖地震による 宮城県の被害額	331.4	231.2	562.6	174.0	80.0	254.0

注) カッコ内の数字は、商工業各合計被害額に対する、施設被害額および商品・製品被害額の割合

表-4.4 宮城県内の道路被害

区 分	箇所数	被害額(千円)
国 管 理	277	256,061
県 管 理	488	2,423,671
市町村管理	1,554	2,315,186
合 計	2,147	4,994,918

4.2.3 ライフライン関連施設被害

電力、電信・電話、都市ガス、水道などのライフライン関連施設の復旧は、都市ガス、水道の一部を除くと比較的速く行われた³⁵⁾。電力関係では、地震直後約42万戸が停電したが、福島、秋田からの送電等により6月14日夕刻には家庭用電力が、また6月19日には産業用電力が、それぞれ全面的に復旧した。電信・電話は、施設被害による機能損失はほとんどなく、地震直後に電話が殺到して通話が困難になった程度であった。

都市ガスについては、最も被害の大きかった仙台市

表-4.5 宮城県内の港湾の被害(単位:千円)

港 名	被害総額		国庫負担分		県負担分	
	件数	被害額	件数	被害額	件数	被害額
塩釜港	45	391,089	20	266,989	25	124,100
石巻港	23	3,300,529	17	3,023,529	6	277,000
松島港	5	24,944	3	24,704	2	240
雄勝港	4	11,348	4	11,348	—	—
萩浜港	2	9,290	2	9,290	—	—
金華山港	4	8,672	4	8,672	—	—
合 計	83	3,745,872	50	3,344,532	33	401,340

ガス局の場合、製造工場の他、ガス導管の損傷などが3,500件にものぼり、その修復・検査のため供給を全面的に停止した。全国各地から応援を得て、6月16日に一部地区で供給を再開したのを手始めに、7月13日に

全面供給を再開したと言われている。

水道関係では、一般家庭88,000戸で断水したが、給水車による支援も行いながら順次供給を再開し、6月23日に全面復旧した。

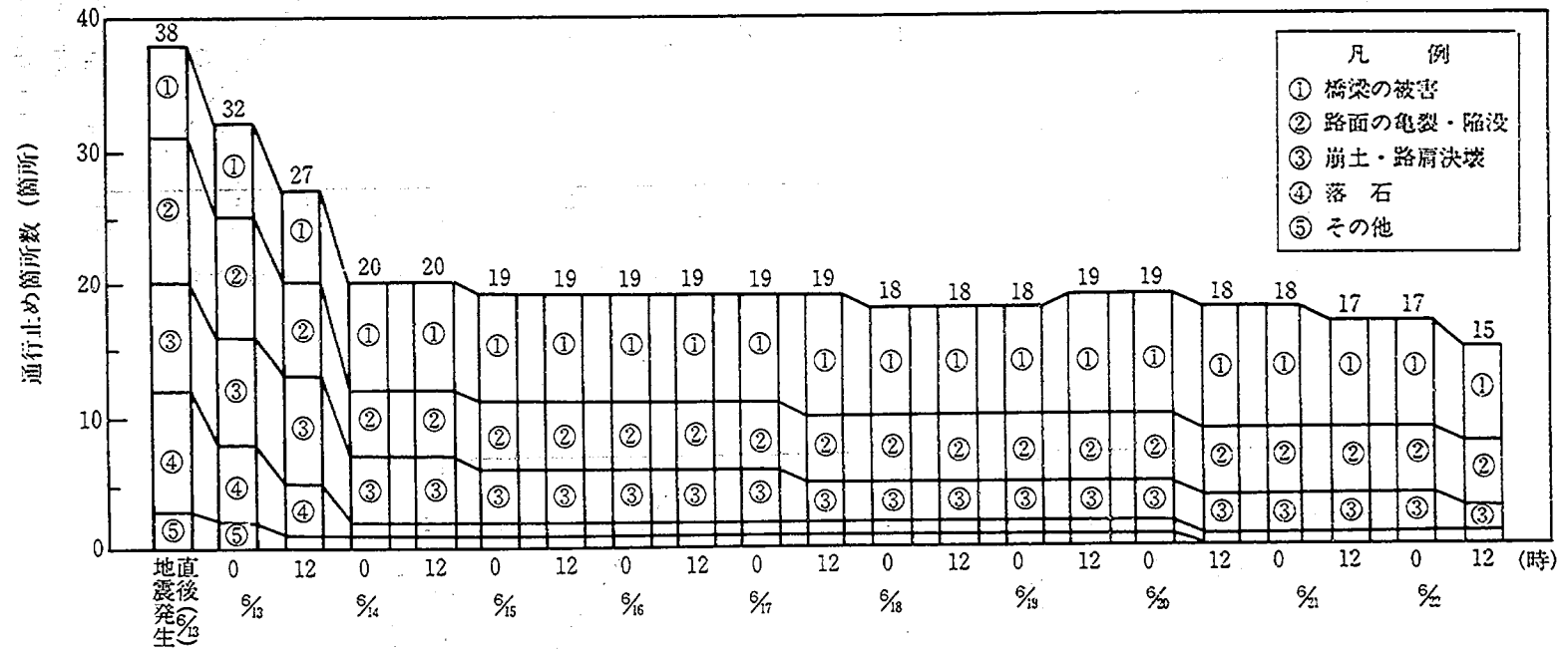
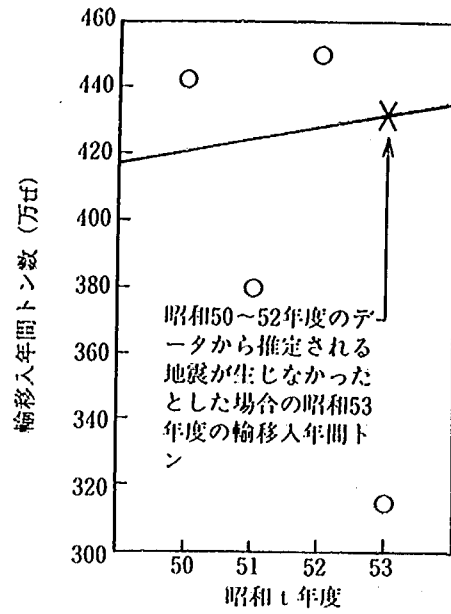
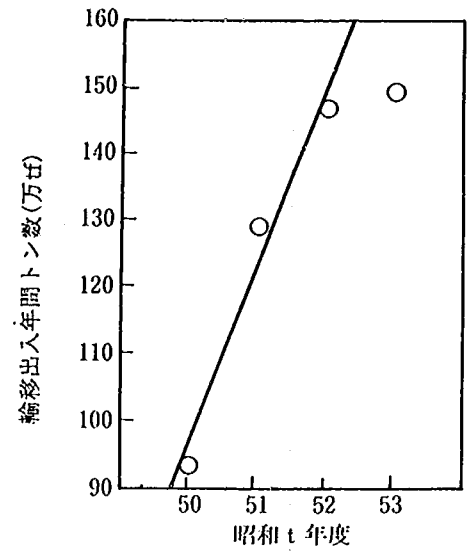


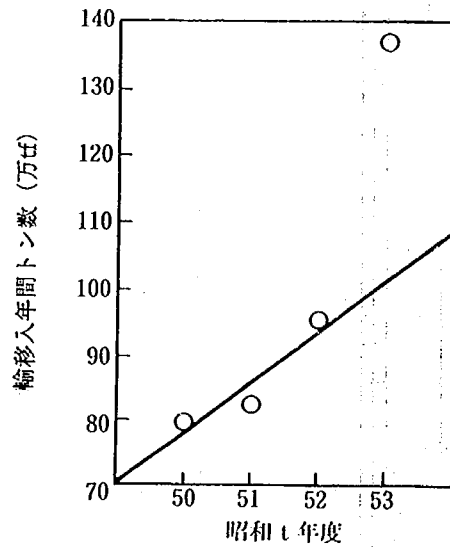
図-4.3 宮城県沖地震による宮城県内の通行止め箇所数の復旧状況



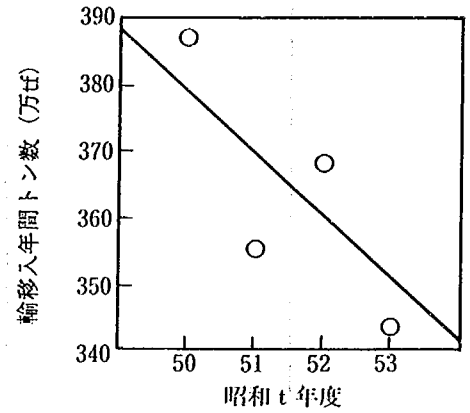
(a) 原油



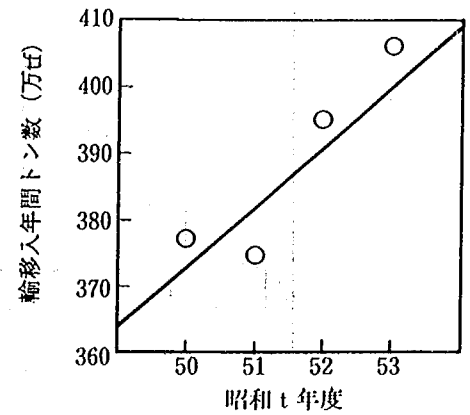
(b) 原木



(c) セメント



(d) 重油



(e) 石油製品

図-4.4 宮城県下の主要港湾における主要品目の取扱い量の推移

表-4.6 宮城県沖地震災害復旧関連予算事業（宮城県分）（単位：千円）

事業名	53年度予算額
1. 土木施設等災害復旧費	5,655,067
2. 農林水産施設災害復旧費	2,817,405
3. 緊急治山・地すべり対策費	345,492
4. かけ地近接危険住宅移転事業費	29,755
5. 災害団地応急整備事業費	50,000
6. 社会福祉施設等災害復旧費	196,653
7. 教育施設等災害復旧費	642,641
8. 私立学校災害復旧助成費	70,714
9. 試験研究機関等災害復旧費	1,090,330
10. 庁舎等災害復旧費	745,280
11. その他（一般会経費）	79,402
12. 流域下水道事業	29,592
13. 港湾整備事業	139,000
14. 病院事業	42,127
15. 水道用水供給事業	23,000
16. 工業用水道事業	258,000
計	12,214,458

4.2.4 災害復旧

宮城県は激甚災害の指定を国から受けるとともに、総額122億円の災害復旧関連事業を実施した。その内訳は表-4.6に示す通りである。

4.3 宮城県沖地震が生じなかったとした場合の宮城県内総生産額の推定

日本海中部地震の場合と同様に、時系列分析を基本に宮城県沖地震が生じなかったとした場合の宮城県の県内総生産額を推定することとする。昭和45年度から地震発生の前年の昭和52年度までの宮城県の県内総生産の推移を示すと図-4.5のようになる²⁹⁾。ただし、図中ではデフレータを乗じて昭和53年度価格に統一してある。これをもとに時系列分析を行うと、昭和45年度～昭和52年度における宮城県内の総生産額は次式のように近似される。

$$P(t) = -60,301 + 1,774 \times t \quad (4-1)$$

ここで、

$P(t)$ ：昭和53年度価格で表した昭和 t 年度における県内総生産（億円）

t ：昭和で表した年度（ $45 \leq t \leq 52$ ）

式(4-1)を外挿することにより、宮城県沖地震が生じなかったとした場合の昭和53年度の宮城県の県内総生産額は3兆3,725億円と推定される。

4.4 宮城県沖地震による生産性低下の算定

4.4.1 生産・販売基盤損失による生産性低下率の算定

4.2.1で示したように、生産基盤関連被害については、農業、林業、水産業、製造業、卸・小売業の各部門で把握されている。このうち林業の生産性低下に関しては、日本海中部地震の場合と同様の理由で考慮しないこととした。

以下、林業を除く各部門別に、生産性低下率を算定することとする。ただし、価格についてはGNPデフレーターを用いて昭和53年度価格に統一して扱う。

(1) 農業

昭和48年度～昭和52年度の耕地面積及び単位耕地面積当りの生産額を示すと図-4.6のようになる²⁵⁾²⁶⁾。耕地面積及び単位耕地面積当りの生産額を時系列回帰すると、次式のようなになる。

$$A_c(t) = 226,080 - 1,230 \times t \quad (4-2) \\ (R=0.990)$$

$$U_p(t) = -0.04441 + 0.001187 \times t \quad (4-3) \\ (R=0.885)$$

ここで、

$A_c(t)$ ：耕地面積（ha）

$U_p(t)$ ：単位耕地面積当りの生産額（億円/ha）

t ：昭和で表した年度（ $48 \leq t \leq 52$ ）

したがって、式(4-2)及び(4-3)を外挿して、昭和53年度における耕地面積及び単位耕地面積当りの生産額を推定すると、 $A_c = 160,900$ ha、 $U_p(53) = 0.0185$ （億円/ha）となる。

これにより、地震が生じなかったとした場合の昭和53年度総生産額 $P_n(53)$ は、以下のように推定される。

$$P_n(53) = U_p(53) \times A_c(53) \\ = 0.0185 \times 160,890 \\ = 2,975 \text{ (億円)} \quad (4-4)$$

一方、地震によって流失・埋没等の被害を受けた田畑面積は合計61.2haと報告されている。昭和53年度には、これだけの面積が耕作に使用できないと仮定して

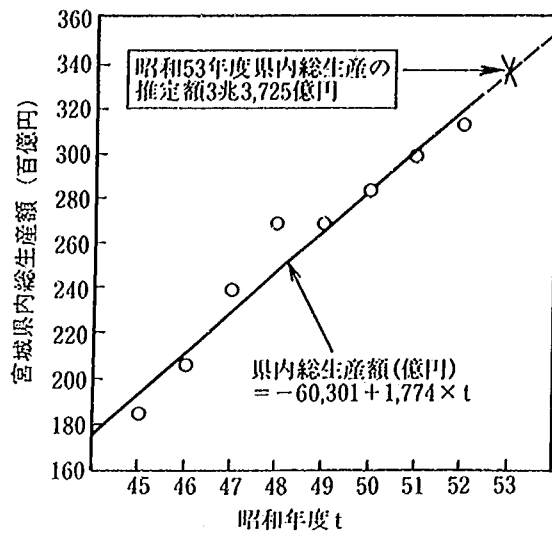
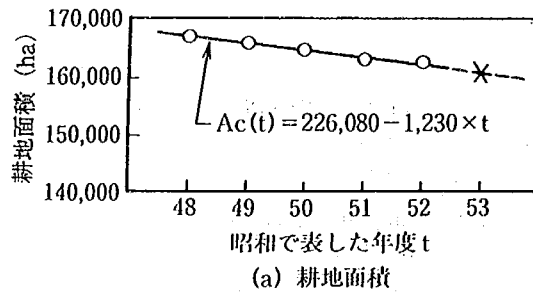
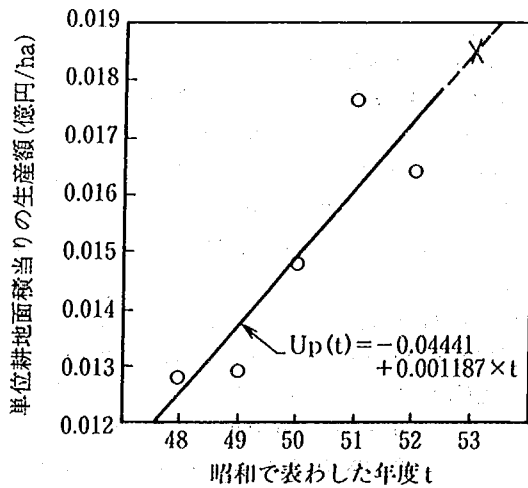


図-4.5 宮城県内総生産額（付加価値ベース）の推移（昭和53年度価格）

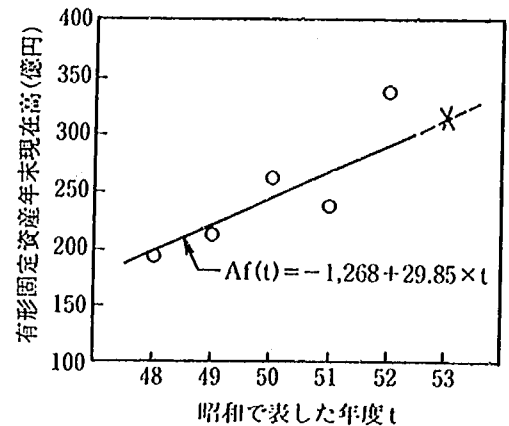


(a) 耕地面積

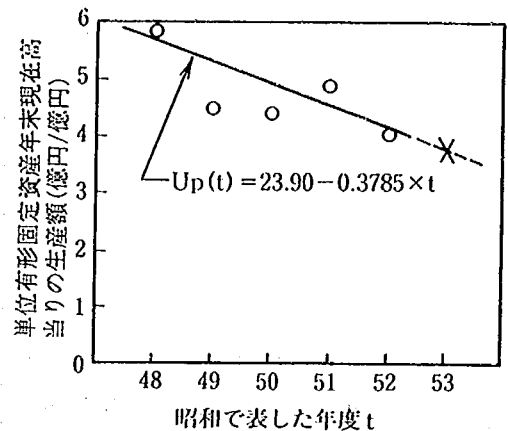


(b) 単位耕地面積当りの生産額

図-4.6 宮城県の農業諸データの推移



(a) 有形固定資産年末現在高



(b) 単位有形固定資産年末現在高当りの生産額

図-4.7 宮城県の水産業諸データの推移

昭和53年度の生産額 $P(53)$ を推定すると以下になる。

$$P(53) = U_p(53) \times (A_c(53) - 61.2) = 2,974 \text{ (億円)} \quad (4-5)$$

以上より、農業部門の生産性低下率 α_A は、式 (2-2) に基づき、次式のように推定される。

$$\alpha_A = \frac{P_n(53) - P(53)}{P_n(53)} = 0.04\% \quad (4-6)$$

(2) 水産業

日本海中部地震の場合と同様に、図-4.7に示す昭和48年度から昭和52年度の5年間の有形固定資産年初現在高及び単位有形固定資産年初現在高当りの生産額⁽²⁵⁾⁽²⁶⁾を時系列解析すると、次式が得られる。

$$A_f(t) = -1,268 + 29.85 \times t \quad (R=0.883) \quad (4-7)$$

$$U_p(t) = 23.90 - 0.3785 \times t \quad (4-8)$$

表-4.7 宮城県の製造業の従業者数、有形固定資産年末現在高、製造品出荷額等(昭和52年度)(単位:百万円)

産業部内	従業者(人)	有形固定資産 年末現在高	製造品出荷額等
食料品	32,294	77,111	483,883
繊維	4,007	9,198	28,577
衣服	7,690	3,911	20,710
製材・木製品	6,247	14,395	64,586
家具	2,462	1,033	13,098
パルプ・紙	4,797	72,519	139,830
印刷・出版	6,181	9,612	44,780
皮革・皮革製品	— 注)	— 注)	— 注)
ゴム製品	3,723	9,648	39,731
化学製品	835	3,503	21,505
石油・石炭製品	729	29,619	125,600
窯業・土石製品	6,099	18,770	52,309
鉄鋼	2,790	43,479	70,960
非鉄金属、地金	1,699	19,321	42,179
金属製品	6,894	13,703	69,969
一般機械	6,758	12,077	56,466
電気機械	24,700	32,717	193,885
輸送機械	5,542	15,986	54,229
精密機械	3,320	6,079	12,289
その他の製造業	— 〃	7,170	— 〃

注) この値については公表されていない。

(R=0.732)

ここで、

 $A_F(t)$:有形固定資産年初現在高(億円) $U_P(t)$:単位固定資産年初現在高当りの水産業の
総生産額(億円/億円)t:昭和で表した年度($48 \leq t \leq 52$)

式(4-7)及び式(4-8)を外挿すると、昭和53年度の有形固定資産年初現在高 A_F 及び単位有形固定資産年初現在高当りの生産額 $U_P(53)$ は、それぞれ、314億円、3.84(億円/億円)と推定される。

これにより、地震が生じなかったとした場合の昭和53年度の総生産額 $P_n(53)$ は、次のように推定される。

$$\begin{aligned} P_n(53) &= U_P(53) \times A_F(53) \\ &= 3.84 \times 314 \\ &= 1,206 \text{ (億円)} \end{aligned} \quad (4-9)$$

一方、地震によって被害を受けた水産業施設の被害額は、12億7,800万円と報告されているので、被災後の生産可能額 $P(53)$ は次のように推定される。

$$\begin{aligned} P(53) &= U_P(53) \times (A_F(53) - 12.78) \\ &= 1,157 \text{ (億円)} \end{aligned} \quad (4-10)$$

したがって、地震による水産業部門の生産性低下率 α_F は以下のように推定される。

$$\alpha_F = \frac{P_n(53) - P(53)}{P_n(53)} = 4.07\% \quad (4-11)$$

(3) 製造業

昭和52年度の宮城県における製造業の従業者数、有形固定資産年末現在高、製造品出荷額等は表-4.7のように求められる²⁷⁾。これをもとに、日本海中部地震の場合と同様にコブ・ダグラス型生産関数を求めると、次式のようなになる。

$$G = 1.518C^{0.728}E^{0.273} \quad (4-12)$$

ここで、

C:有形固定資産年末現在高(億円)

E:従業者数(人)

G:製造品出荷額等(億円)

一方、図-4.8に示すように、昭和48年度～昭和52年度の資料から従業者数及び有形固定資産年末現在高の時系列解析を行うと次のようになる。

$$\begin{aligned} E(t) &= 164,200 - 615.8 \times t \\ (R &= 0.693) \end{aligned} \quad (4-13)$$

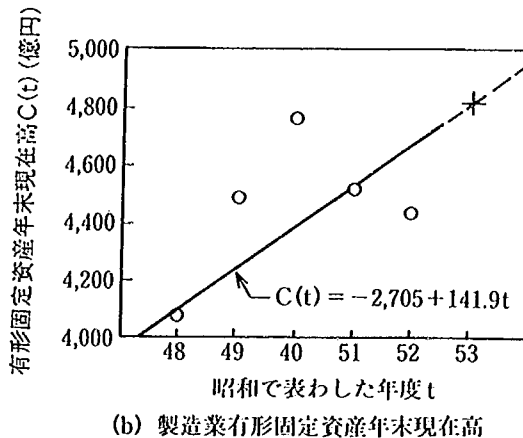
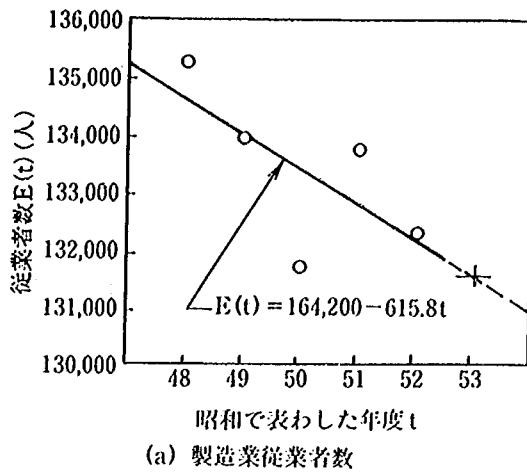


図-4.8 宮城県の製造業諸データの推移

$$C(t) = -2,705 + 141.9 \times t \quad \dots\dots\dots (4-14)$$

$$(R = 0.681)$$

ここで、

$E(t)$: 従業者数 (人)

$C(t)$: 有形固定資産年末現在高 (億円)

t : 昭和で表わした年度 ($48 \leq t \leq 52$)

式 (4-13) 及び式 (4-14) を外挿して、昭和53年度の従業者数 $E(53)$ 及び有形固定資産年末現在高 $C(53)$ を求めると、それぞれ、13万1,600人、4,815億円となる。これを式 (4-12) に代入すると、震災が生じなかったとした場合の昭和53年度の製造品出荷額等 $P_n(53)$ は、1兆8,006億7,500万円と推定される。

これに対して、宮城県沖地震による製造業の施設被害額は表4-3に示したように173億9,600万円であるから、震災後の生産可能額 $P(53)$ は、式 (4-12) より次式のように推定される。

$$P(53) = 1.518 \times (C(53) - 173.96)^{0.728}$$

$$\times 131,600^{0.273}$$

$$= 17,530 \text{ (億円)} \quad \dots\dots\dots (4-15)$$

従って、製造業の生産性低下率 α_p は、次のように推定される。

$$\alpha_p = \frac{P_n(53) - P(53)}{P_n(53)} = 2.64\% \quad \dots\dots\dots (4-16)$$

(4) 卸・小売業

日本海中部地震の場合と同様に、施設被害額を従業者数の減少に換算して、生産性低下率を求めることとする。昭和41年度～昭和51年度の11年間における卸・小売業の販売額と従業者数の関係及び従業者数の時系列を示すと図-4.9のようになる²⁰⁾。これを回帰すると次式のようになる。

$$P = -6,810 + 0.0747 \times E \quad \dots\dots\dots (4-17)$$

$$(R = 0.995)$$

$$E(t) = -124,200 + 5,860 \times t \quad \dots\dots\dots (4-18)$$

$$(R = 0.996)$$

ここで、

P : 販売額 (億円)

E : 従業者数 (人)

t : 昭和で表わした年度 ($41 \leq t \leq 51$)

したがって、式 (4-18) を外挿すると昭和53年度の卸・小売業の従業者数は18万6,414人と推定される。これを式 (4-17) に代入することにより、地震が生じなかったとした場合の昭和53年度の卸・小売業の生産額 $P_n(53)$ は、7,115億3,300万円と推定される。

一方、商業施設の被害額は331億3,500万円である。いま、1人当りの商業施設の資産額は128万円程度 (3.4.1で仮定した142.1万円を昭和53年度価格に換算) と推定されるから、商業施設の被害額を従業者数に換算すると、 $3,313,500 / 128 = 25,887$ (人) となる。よって、被災後の卸・小売業の生産額 $P(53)$ は次のように推定される。

$$P(53) = -6,810 + 0.0747$$

$$\times (186,414 - 25,887)$$

$$= 5,182 \text{ (億円)} \quad \dots\dots\dots (4-19)$$

ここで、日本海中部地震の場合と同様に、商店が休業した日数が平均1.5日程度であったことを考慮して、卸・小売業の生産性低下率 α_c を推定すると次のようになる。

$$\alpha_c = \frac{P_n(53) - P(53)}{P_n(53)} \times \frac{1.5}{365} = 0.11\% \quad \dots\dots\dots (4-20)$$

4.4.2 交通施設被害による生産性低下率の算定

交通施設の中では道路・鉄道・港湾が解析対象とな

るが、4.2.2で述べたように道路及び国有鉄道に関しては復旧が速かったこと及び主要幹線に大きな被害が生じなかったこと等から、宮城県経済にはほとんど影響を与えていないと考えられる。

一方、港湾に関しては、4.2.2(3)で示した通り、原油の取扱い量に著しい減少が見られる。したがって、電力部門に対してのみ26.7%の減少が生じたとして、これを交通施設被害による生産性低下率と見込むこととした。

4.4.3 製品・商品被害による生産性低下率の算定

表-4.2に示した各産業部門の製品・商品被害額を産業連関表に示されている総生産額で除して製品・商品被害による生産性低下率を推定することとする。産業連関表は昭和55年度価格表示であるので、被害額もGNPデフレーターで昭和55年度の値に換算している。このようにして推定した産業部門別の製品・商品被害による生産性低下率は表-4.8の通りである。これによれば、商業の生産性低下率が2.23%と最も大きく、以下、林業1.42%、製造業0.35%、農業0.10%の順となる。

表-4.8 製品・商品被害による産業部門別の生産性低下率

産 業 部 門	生産額 (昭和55年度価格、百万円)	被 害 額 (千円)		生産性低下率 (%)
		昭和53年度価格	昭和55年度価格	
1. 農 業	314,535.7	284,299	300,076	0.095
2. 林 業	28,628.6	383,792	405,090	1.415
3. 水 産 業	153,681.8	78,307	82,653	0.054
4. 鉱 業	28,659.2	0	0	0
5. 製 造 業	2,438,959.2	7,999,570	8,439,546	0.346
6. 建 設 業	1,107,568.4	0	0	0
7. 電気・ガス・水道業	267,601.0	0	0	0
8. 商 業	1,094,288.7	23,121,030	24,392,687	2.229
9. 金 融 ・ 保 険 業	707,612.1	0	0	0
10. 運 輸 ・ 通 信 業	622,865.6	0	0	0
11. サ ー ビ ス 業	1,453,977.5	0	0	0
12. 事 務 用 品	59,752.4	0	0	0
13. 分 類 不 明	142,254.1	0	0	0

4.4.4 宮城県沖地震による生産減少額の算定

(1) 一次生産減少額

以上に示した生産・販売基盤損失による生産性低下率、輸送施設被害による生産性低下率、製品・半製品・原材料被害による生産性低下率の3者と、これらのうちの最も大きな生産性低下率を産業別にまとめると表-4.9のようになる。3者のうちで最も大きな生産性低下率を与える産業部門としては、電力部門に対する海洋輸送が26.7%と最も大きく、以下、水産業4.07%、

製造業2.64%、商業2.23%の順となっている。

生産減少額の解析には、昭和55年度宮城県産業連関表を用いることとした。これは、日本海中部地震の場合と同様に、解析を行った時点で昭和53年宮城県沖地震に最も近い産業連関表が昭和55年度版であったためである。したがって、ここでは、昭和53年度～昭和55年度の間に、宮城県の産業構造には大きな変化はないと仮定することとする。投入に関しては産業大分類(13分類)を、産出に関しては統合中分類(72分類)

表-4.9 産業部門別の生産性低下率 (%)

産業部門		①生産・販売 基盤損失	②輸送基盤 損失	③製品・半製 品・原材料 損失	①②③のうち最 も大きな生産性 低下率
1.	農業	0.04	0.0	0.10	0.10
2.	林業	0.0	0.0	1.42	1.42
3.	水産業	4.07	0.0	0.05	4.07
4.	鉱業	0.0	0.0	0.0	0.0
5.	製造業	2.64	0.0	0.35	2.64
6.	建設業	0.0	0.0	0.0	0.0
7.	電気・ガス・水道業	0.0	0.0	0.0	0.0
8.	商業	0.11	0.0	2.23	2.23
9.	金融・保険業	0.0	0.0	0.0	0.0
10.	運輸・ 通信業				
	道路	0.0	0.0	0.0	0.0
	国有鉄道	0.0	0.0	0.0	0.0
	海洋運送	0.0	26.7 ¹⁾	0.0	26.7
11.	サービス業	0.0	0.0	0.0	0.0
12.	事務用品	0.0	0.0	0.0	0.0
13.	分類不明	0.0	0.0	0.0	0.0

1) 電力部門の算出に対してのみ適用する。

を、それぞれ使用した。なお、輸送部門だけについては、港湾部分を取り扱うために、投入に統合中分類を用いた。

これをもとに2.2.2で示した方法で、第一次生産減少額を求め、これを統合大分類(37部門)に集計した結果が表-4.10である。ただし、試算に用いた昭和55年度価格を宮城県沖地震が発生した昭和53年度価格に換算した値を示している。これによれば、宮城県沖地震によって生じた第一次生産減少額は、合計2,848億円と推定される。これは、宮城県沖地震による直接被害額2,688億円の1.06倍に相当する。生産減少額の内訳を見ると、電気・ガス・水道業の516億円が最も大きく、商業の274億円および公共サービス表の273億円がこれに次いで大きな生産減少を生じたと推定される。

(2) 第二次生産減少額

日本海中部地震の場合と同様に、上述した生産減少額2,848億円がもたらす消費効果による第二次生産減少額を式(2-11)及び式(2-12)により推定した。

表-4.11 は部門別の消費効果による第二次生産減少額を第一次生産減少額とともに示したものである。第

二次生産減少額としては、公共サービス業の174億円を筆頭に、商業の153億円、運輸・通信の101億円の順となっている。

4.5 公共復旧事業による経済効果

日本海中部地震の場合と同様にして公共復旧事業による経済波及効果を推定した。ただし、解析の手順については2.2.3及び3.5に示した通りであるので、ここでは、主要な結果のみを示すこととする。

解析には、昭和55年度宮城県産業連関表の統合大分類(37部門)を用いた。

昭和55年建設部門分析用産業連関表においては、農林以外公共事業及び農林関係公共事業における災害復旧事業の各部門への投入係数が算定されている。この投入係数を用いて表-4.6に示した災害復旧費を各産業部門に振り分け、最終需要ベクトルを求めた結果が表-4.12である。これによれば、公共復旧事業投資総額122億円のうち61億円が各産業部門に投入され、残りの61億円が付加価値となったと推定される。なお、産業部

表-4.10 第一次生産減少額（昭和53年度価格，単位：百万円）

産業部門名	元の生産額	減少額	減少割合(%)
1. 耕種農業	191,221.6	5,050.1	2.64
2. 畜産	89,078.9	2,352.6	2.64
3. 農業サービス	17,837.6	471.1	2.64
4. 林業	27,136.1	716.7	2.64
5. 水産業	145,670.0	5,928.7	4.07
6. 鉱業	27,165.1	717.4	2.64
7. 肉乳・水産食品	294,563.6	11,988.7	4.07
8. 精穀・製粉	63,164.2	1,668.2	2.64
9. その他の食料品	160,799.4	6,544.5	4.07
10. 酒・たばこ	128,103.9	3,383.2	2.64
11. 製糸・紡績	11,759.1	310.5	2.64
12. 織物・衣服・身用品	53,272.5	1,406.9	2.64
13. 製材・家具	107,880.6	2,849.1	2.64
14. 紙・紙製品	219,886.8	5,807.2	2.64
15. 印刷・出版	56,403.2	1,489.6	2.64
16. 皮革・ゴム製品	49,545.8	1,308.5	2.64
17. 化学薬品	29,814.1	865.1	2.90
18. 石油・石炭製品	229,738.7	6,067.4	2.64
19. 窯業・土石製品	78,467.3	2,072.3	2.64
20. 金属・地金	142,575.6	3,765.4	2.64
21. 金属製品	135,800.0	3,586.4	2.64
22. 一般機械	86,655.0	2,288.5	2.64
23. 電気機械	302,801.6	7,997.0	2.64
24. 輸送機械	93,793.6	2,477.1	2.64
25. 精密機械	22,677.3	598.9	2.64
26. その他の製造業	44,106.9	1,795.2	4.07
27. 建築	564,141.1	14,899.0	2.64
28. 土木	485,686.7	12,827.0	2.64
29. 電気・ガス・水道業	253,650.2	51,606.4	20.35
30. 商業	1,037,239.8	27,393.5	2.64
31. 金融・保険	245,720.1	6,489.5	2.64
32. 不動産業	425,002.3	11,224.3	2.64
33. 運輸・通信	590,393.8	20,008.8	3.39
34. 公共サービス	776,293.8	27,331.0	3.52
35. その他のサービス	601,883.3	24,496.7	4.07
36. 事務用品・こん包	56,637.3	14,766.0	2.64
37. 分類不明	134,838.0	3,561.0	2.64
合計	7,981,390.5	284,839.1	3.57

門への投入の中では、窯業・土石製品の30億円が一番多く、以下、鉱業の6億円、金属・地金の5億円の順となっている。なお、災害復旧費122億円は地震被害総額2,688億円の4.5%に相当している。

上述の最終需要ベクトルを用いて、第一次生産誘発額を表-4.13に示すように生産額ベース及び付加価値ベースで求めた。これによると第一次生産誘発額は生産額ベースで179億円、付加価値ベースで78億円と推定される。

付加価値のうちの、雇用者所得および営業余剰は、家計消費支出、貯蓄、税金に配分されるが、日本海中部地震の場合と同様に表-3.20の比率で配分した第一次誘発付加価値を表-4.14に示す。さらに、付加価値の配分による家計消費支出39億円によって生成される生産額、付加価値額を推定すると、それぞれ94億円、33億円となる。

以上のようにして第一次生産誘発額、第二次生産誘発額を表-4.15のように算出した。これによると、公共

表-4.11 産業部門別の第一次及び第二次生産減少額 (昭和53年度価格, 単位: 百万円)

投 入 項 目		第一次生産減少額	第二次生産減少額	総生産減少額
産 業 部 門	1. 耕 種 農 業	1,643.79	259.16	1,902.95
	2. 畜 産	1,903.85	185.06	2,088.91
	3. 農 業 サ ー ビ ス	198.90	213.42	412.31
	4. 林 業	341.26	263.76	606.02
	5. 水 産 業	2,510.02	828.07	3,338.08
	6. 鉱 業	338.99	189.12	528.11
	7. 肉乳・水産食品	9,180.43	984.87	10,165.30
	8. 精穀・製粉	1,990.79	131.13	2,121.92
	9. その他の食料品	4,766.55	467.09	5,233.63
	10. 酒・たばこ	1,037.84	322.94	1,360.79
	11. 製紙・紡績	253.18	36.85	290.04
	12. 織物・衣服・身の用品	949.43	166.63	1,116.06
	13. 製材・家具	2,170.83	626.41	2,797.24
	14. 紙・紙製品	4,473.59	388.82	4,862.41
	15. 印刷・出版	748.46	979.96	1,728.42
	16. 皮革・ゴム製品	796.95	109.83	906.78
	17. 化学薬品	616.81	100.58	717.38
	18. 石油・石炭製品	5,031.94	1,235.84	6,267.77
	19. 窯業土石製品	1,418.64	782.35	2,200.98
	20. 金属・地金	2,992.89	232.30	3,225.20
	21. 金属製品	2,180.35	600.67	2,781.02
	22. 一般機械	1,519.79	239.79	1,759.58
	23. 電気機械	5,270.41	525.43	5,795.84
	24. 輸送機械	1,500.80	1,063.63	2,564.43
	25. 精密機械	350.23	83.06	433.29
	26. その他の製造業	1,176.45	123.73	1,300.19
	27. 建築	8,819.96	5,036.03	13,856.00
	28. 土木	7,122.18	5,210.82	12,333.00
	29. 電気・ガス・水道業	29,074.42	2,762.27	31,836.69
	30. 商業	8,311.52	15,336.05	23,647.57
	31. 金融・保険	1,750.25	5,808.02	7,558.27
	32. 不動産業	1,421.55	1,738.48	3,160.03
	33. 運輸・通信	11,820.24	10,062.83	21,883.08
	34. 公共サービス	8,474.86	17,422.47	25,897.33
	35. その他のサービス	10,637.03	8,269.27	18,906.30
	36. 事務用品・梱包	1,262.14	588.65	1,850.79
	37. 分類不明	3,589.54	1,451.97	5,041.50
	合 計	147,647.42	84,827.28	232,474.70
付 加 価 値 部 門	1. 家計外消費支出	5,803.45	1,827.58	6,911.03
	2. 雇用者所得	70,716.10	29,267.98	99,984.08
	3. 営業余剰	34,939.73	9,896.83	44,836.56
	4. 資本減耗引当	18,810.99	4,435.36	23,246.35
	5. 間 接 税	9,530.91	2,125.40	11,656.31
	6. 補 助 金	-1,889.31	-674.43	-2,563.73
	合 計	137,191.68	46,878.76	184,070.43
総 合 計		284,839.10	131,706.03	416,545.13

表-4.12 災害復旧関連事業投資より求めた最終需要ベクトル (昭和53年度価格, 単位: 千円)

産 業 部 門		農林以外公共 事業災害復旧	農林関係公共 事業災害復旧	合 計
産 業 部 門	1. 耕 種 農 業	7,386	1,068	8,454
	2. 畜 産	0	0	0
	3. 農 業 サ ー ビ ス	7,386	1,068	8,454
	4. 林 業	21,784	13,148	34,932
	5. 水 産 業	0	0	0
	6. 飲 料 業	446,426	113,201	559,627
	7. 肉 乳・水産食品	0	0	0
	8. 精 穀・製粉	0	0	0
	9. その他の食料品	0	0	0
	10. 酒・たばこ	0	0	0
	11. 製 紙・紡 績	0	0	0
	12. 織物・衣服・身回品	11,897	2,930	14,827
	13. 製 材・家具	148,680	52,387	201,067
	14. 紙・紙 製 品	38	0	38
	15. 印 刷・出 版	22,478	6,860	29,338
	16. 皮 革・ゴム製品	3,693	2,440	6,133
	17. 化 学 薬 品	8,072	1,285	9,357
	18. 石 油・石炭製品	155,221	39,230	194,451
	19. 窯 業 土 石 製 品	2,331,268	711,598	3,042,866
	20. 金 属・地 金	399,845	110,425	510,270
	21. 金 属 製 品	97,795	13,926	111,721
	22. 一 般 機 械	203,766	55,393	259,159
	23. 電 気 機 械	15,186	3,803	18,989
	24. 輸 送 機 械	5,394	1,671	7,065
	25. 精 密 機 械	226	51	276
	26. その他の製造業	24,404	7,066	31,470
	27. 建 築	10,869	5,208	16,077
	28. 土 木	0	0	0
	29. 電気・ガス・水道業	104,326	28,183	132,509
	30. 商 業	0	0	0
	31. 金 融・保 険	92,815	45,866	128,611
	32. 不 動 産 業	69,717	8,117	77,834
	33. 運 輸・通 信	308,214	33,555	341,769
	34. 公 共 サ ー ビ ス	0	0	0
	35. その他のサービス	166,666	70,114	236,780
	36. 事務用品・梱包	0	0	0
	37. 分 類 不 明	2,152	83,319	85,471
	中 間 投 入 計	4,679,450	1,392,697	6,072,147
付 加 価 値 部 門	1. 家計外消費支出	220,258	61,225	281,483
	2. 雇 用 者 所 得	3,235,387	979,978	4,215,365
	3. 営 業 余 剰	775,548	224,061	1,000,199
	4. 資 本 減 耗 引 当	433,082	136,655	569,737
	5. 間 接 税	87,176	27,749	114,925
	6. (控除) 補 助 金	-33,876	-5,550	-39,426
粗付加価値部門計		4,717,584	1,424,708	6,142,292
生 産 額		9,397,053	2,817,405	12,214,458

表-4.13 公共復旧投資による産業別部門別の誘発額 (昭和53年度価格, 単位: 百万円)

投 入 項 目		第一次生産誘発額	第二次生産誘発額	総生産誘発額
産 業 部 門	1. 耕 種 農 業	16.27	18.46	34.73
	2. 畜 産	1.13	13.18	14.31
	3. 農 業 サ ー ビ ス	16.70	15.20	31.90
	4. 林 業	67.97	18.79	86.76
	5. 水 産 業	2.02	58.99	61.01
	6. 鉱 業	659.06	13.47	672.53
	7. 肉 乳・水 産 食 品	4.12	70.15	74.27
	8. 精 穀・製 粉	2.38	9.34	11.72
	9. そ の 他 の 食 料 品	2.83	33.27	36.56
	10. 酒・た ば こ	4.51	23.00	27.52
	11. 製 紙・紡 績	0.37	2.62	3.00
	12. 織 物・衣服・身 回 品	20.86	11.87	32.73
	13. 製 材・家 具	284.18	44.62	328.80
	14. 紙・紙 製 品	5.43	27.70	33.13
	15. 印 刷・出 版	62.31	69.81	132.12
	16. 皮 革・ゴ ム 製 品	7.98	7.82	15.80
	17. 化 学 薬 品	12.21	7.16	19.37
	18. 石 油・石 炭 製 品	341.66	88.03	429.69
	19. 窯 業 土 石 製 品	4,595.07	88.73	4,650.80
	20. 金 属・地 金	596.47	16.55	613.02
	21. 金 属 製 品	147.13	42.79	189.92
	22. 一 般 機 械	313.86	17.08	330.94
	23. 電 気 機 械	27.56	37.43	64.99
	24. 輸 送 機 械	40.63	75.76	116.39
	25. 精 密 機 械	0.75	5.92	6.67
	26. そ の 他 の 製 造 業	38.22	8.81	47.03
	27. 建 築	61.63	358.73	420.36
	28. 土 木	0.00	371.18	371.18
	29. 電 気・ガ ス・水 道 業	338.61	196.76	535.37
	30. 商 業	187.27	1,092.43	1,279.70
	31. 金 融・保 険	373.99	413.72	787.71
	32. 不 動 産 業	199.05	123.84	322.89
	33. 運 輸・通 信	906.46	716.80	1,623.26
	34. 公 共 サ ー ビ ス	25.26	1,241.05	1,266.31
	35. そ の 他 の サ ー ビ ス	516.55	589.04	1,105.59
	36. 事 務 用 品・梱 包	18.62	41.93	60.56
	37. 分 類 不 明	205.64	103.43	309.07
	合 計	10,109.39	6,042.46	16,151.85
付 加 価 値 部 門	1. 家 計 外 消 費 支 出	356.57	130.18	486.76
	2. 雇 用 者 所 得	5,090.97	2,084.83	7,175.80
	3. 営 業 余 剰	1,370.45	704.98	2,075.43
	4. 資 本 減 耗 引 当	816.54	315.94	1,132.48
	5. 間 接 税	219.22	151.40	370.62
	6. 補 助 金	-68.75	-48.04	-116.79
	合 計	7,785.02	3,339.30	11,124.32
総 合 計		17,894.41	9,381.76	27,276.17

表-4.14 第一次誘発付加価値の配分 (単位: 百万円)

付加価値分類	雇用手所得 からの配分	営業余剰 からの配分	配分額合計
家計消費支出	3,747	48	3,795
貯蓄	937	693	1,631
税金	407	174	581
合計	5,091	915	6,006

表-4.15 公共復旧投資による生産誘発額(昭和53年度価格, 単位: 億円)

	第一次 生産 誘発額	第二次 生産 誘発額	総生産 誘発額	誘発 定数
生産額 ベース	178.94	93.82	272.76	2.233 ¹⁾
付加価値 ベース	77.85	33.39	111.24	1.811 ²⁾

注1) 公共復旧投資総額に対する比

2) 付加価値部門に投入された公共復旧投資額に対する比

表-4.16 建築物復旧による生産誘発額(昭和53年度価格, 単位: 億円)

	第一次 生産 誘発額	第二次 生産 誘発額	総生産 誘発額	誘発 定数
生産額 ベース	1,630.32	609.23	2,239.55	2.037 ¹⁾
付加価値 ベース	613.35	216.85	830.20	1.808 ²⁾

注1) 建築物復旧投資総額に対する比

2) 付加価値部門に投入された建築物復旧投資額に対する比

復旧事業費122億円は宮城県下に273億円の生産を誘発し、111億円の付加価値をもたらしたと推定される。この付加価値は、地震がなかったとした場合に昭和53年度に生じたであろう宮城県内総生産(付加価値ベース)額3兆3,725億円の0.33%に相当する。

4.6 建築物復旧による経済効果

建築物の復旧による経済波及効果も見逃せないで、日本海中部地震の場合と同様にこの効果を推定することとした。ただし、宮城県沖地震の場合には、被災した建物1件当りの復旧額がわからないため、ここでは以下に示す方法で建築物復旧費を推定した。

建築物復旧費としては、1,099億円と見込んだ。これは、昭和53年度に実際に生じた宮城県内の建築部門の生産額が5,619億円とわかっているのを、昭和49年度～昭和52年度の建築部門の生産額を図-4.10に示すように時系列解析して求めた宮城県沖地震が生じなかったとした場合の昭和53年度の生産額4,520億円との差1,099億円を地震後の建築物復旧費と見なしたものである。

建築物復旧費1,099億円をもとに産業連関分析を行うと、表-4.16に示すように、1,630億円の第一次生産誘発、および609億円の第二次生産誘発、計2,240億円の生産誘発を生じると推定される。付加価値ベースでみた生産誘発額は合計830億円であり、これは、公共復旧投資による生産誘発額111億円(付加価値ベース)の7.5倍に相当する。

4.7 宮城県沖地震が宮城県の生産活動に与えた影響

以上の結果を生産額ベースおよび付加価値ベースに分けてまとめると表-4.17のようになる。これによると、直接被害額とこれによる生産減少額を加えた被害総額は、生産額ベースで6,852億円、付加価値ベースで3,155億円となる。これは、地震がなかったとした場合の宮城県の昭和53年度の県内総生産の9.9%(生産額ベース)、9.4%(付加価値ベース)となる。

実際には、これに災害復旧投資による生産誘発があるため、これを考慮すると宮城県沖地震は、宮城県に生産額ベースで1,971億円、付加価値ベースで1,056億円の損失をもたらしたと推定される。

地震が生じなかったとした場合の昭和53年度の県内総生産は3兆3,725億円と推定されることから、実際に計上される昭和53年度の県内総生産は3兆2,699億円程度と推定される。これに対して、宮城県統計課によれば、昭和53年度の宮城県内総生産は3兆3,275億円と報告されている³⁹⁾。したがって、実際の県内総生産は本解析で推定した値よりも606億円多かったことになる。

表-4.17 宮城県沖地震が宮城県の経済に与えた影響 (昭和53年度価格, 単位: 億円)

生産額 区分	①直接 被害額	②直接被害による生産減少額				③総被害額 (=①+②)	④公共復旧 投資による 生産誘発額			⑤住宅復旧 投資による 生産誘発額			⑥復旧投資による 生産誘発額 (=④+⑤)	⑦地震 の影響 (=②-⑥)	県内総生 産額に対 する比率 (%)
		製品・ 商品被害	一次	二次	合計		一次	二次	合計	一次	二次	合計			
生産額 ベース	2,688	319 ¹⁾	2,848	1,317	4,484	6,852	179	94	273	1,631	609	2,240	2,513	-1,971	2.9 ³⁾
付加価値 ベース	1,315	156 ²⁾	1,372	469	1,997	3,155	78	33	111	613	217	830	941	-1,056	3.1 ⁴⁾

注1) 製品・商品被害額の和

2) 1)に付加価値率0.489を乗じて推定した値

3) 推定昭和53年度県内総生産3兆3,725億円を付加価値率0.489で除して生産額ベースに換算した6兆8,918億円に対する比率

4) 推定昭和53年度県内総生産3兆3,725億円に対する比率

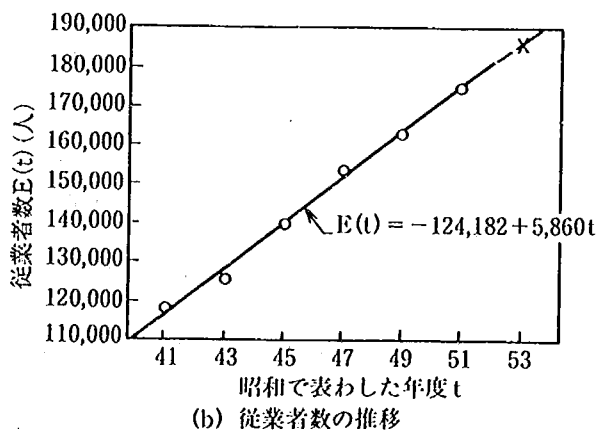
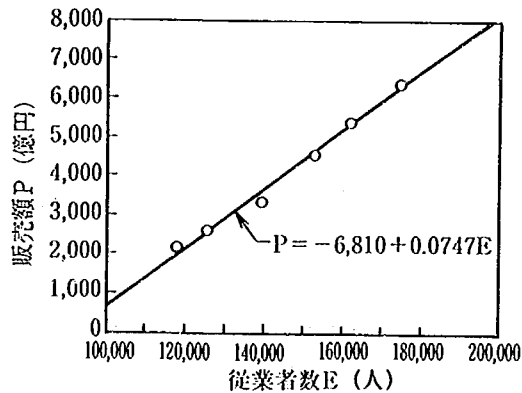


図-4.9 宮城県の卸・小売業者の諸データ

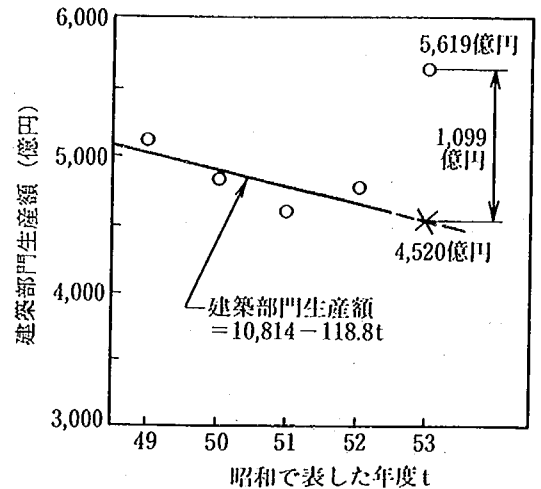


図-4.10 宮城県の建築部門生産額の推移

5. 日本海中部地震による秋田県の生産性低下と宮城県沖地震による宮城県の生産性低下との比較

昭和58年日本海中部地震における秋田県の生産性低下および昭和53年宮城県沖地震における宮城県の生産性低下を生産額ベースで比較すると、表-5.1のようになる。ただし、両者の生産性低下はともに地震が発生した年度における価格で示している。これによると、秋田県における一次波及による生産減少額は2,481億円、二次波及による生産減少額は1,146億円で、合計3,627

表-5.1 宮城県および秋田県における生産減少額の比較（生産額ベース）（単位：億円）

	宮城県沖地震による宮城県の経済 (昭和53年度価格)	日本海中部地震による秋田県の経済 (昭和58年度価格)
①直接被害額	2,688	1,482
②直接被害による第一次生産減少額	2,848	2,481
③直接被害による第二次生産減少額	1,317	1,146
④総生産減少額 ② + ③	4,165	3,627
⑤ = ④ / ①	1.55	2.45
⑥推定された県内総生産 (付加価値ベース)	32,669	22,313
⑦県から発表された県内 総生産	33,275	22,561
⑧ = ⑦ - ⑥	606	248
⑨ = ⑧ / ⑦	0.98	0.99

億円の生産減少が生じたと推定される。これは、日本海中部地震による秋田県内の直接被害額1,482億円の2.45倍に相当している。

これに対して、宮城県沖地震における宮城県内の一次生産減少額は2,848億円で、二次生産減少額は1,317億円で、合計4,165億円の生産減少が生じたと推定される。これは、宮城県沖地震による直接被害額2,688億円の1.55倍に相当している。したがって、直接被害額に対する生産減少額の比率を両地震で比較すると、秋田県の方が宮城県よりも大きいことになる。

日本海中部地震では、津波により水産施設が大きな被害を受け、水産業の生産性低下率は26.3%に達した。また、水産業の生産性低下は、食料品、その他の製造業、サービス業等の生産性低下も促したと考えられる。とりわけサービス業は総生産額で6,414億円に達する県内有数の産業であり、この14.9%に相当する954億円の生産減少が生じたことが秋田県の経済に大きな影響を与えたと考えられる。

これに対して、宮城県沖地震による宮城県における生産性低下率は、電気・ガス・水道業を除けば、2～4%

程度であり、日本海中部地震による秋田県の水産業のように突出した生産性低下を示す産業がなかった。このような点が、直接被害額に対する生産減少額の比率が、宮城県に比較して秋田県の方が大きくなった原因と考えられる。

なお、推定した県内総生産額は、秋田県、宮城県ともに、地震後に公表された県内総生産よりも低めの額となっており、結果的に生産減少額を実際よりも大きく評価したことになる。この原因についてはいろいろな理由が考えられるが、その一つとして、各産業部門別に与えた生産性低下率が、一年を通じて同じであると仮定している点が挙げられる。地震後の経済活動は、地震発生直後の混乱期から、時間の推移とともに徐々に回復して行くが、産業連関表を用いた解析では年度途中の経済の回復効果を見込むことはできない。したがって、今後産業部門別に、地震発生後どの程度の期間で生産活動が地震発生前のレベルに回復するかを正確に評価できるモデルの開発が重要となろう。

6. 結 論

地震が社会に及ぼす影響をより広い立場から把握し得る手法を開発することを目的として、地震により直接生じた物理的、金銭的被害が間接的に地域経済に与える影響の評価手法を提案し、これを昭和58年日本海中部地震及び昭和53年宮城県沖地震に適用した。本手法の特徴及び適用の結果から得られた結論は以下の通りである。

① 地震がこれによる直接損害以外に社会に及ぼす影響を計量化するために、産業連関分析を用いて生産・販売基盤損失、輸送基盤損失、及び製品・半製品・原材料の破損の3者に基づく生産減少額及び震災復旧投資に基づく生産増加額として評価する手法を提案した。これは、産業連関分析手法を災害によるインパクトの評価に応用したものである。ただし、本手法では、平常時の産業構造を地震災害後にもそのまま適用していること、また、被害の経済への波及が年度を通じて一定であると仮定している、等の問題が残されており、これらについては今後さらに手法の開発を含めて検討を進めていくことが必要である。

② 震災がなかったとした場合に生じたであろう生産額に対する震災による生産減少額の比（生産性低下率）によって日本海中部地震の影響を産業部門別に評価すると、運輸業のうち海洋輸送部門が45%、水産業が26.3%とすば抜けて高く、以下、農業1.9%、製造業

0.8%等となっている。同様に、宮城県沖地震の影響を産業部門別に評価すると、日本海中部地震の場合と同じく運輸業のうち海洋輸送部門が26.7%と最も高く、以下、水産業の4.1%、製造業の2.6%等となっている。

③ 生産額ベースでみた日本海中部地震による秋田県内の直接被害額は1,482億円である。これによる秋田県内の生産減少額を求めると、第一次生産減少額が2,481億円、この影響が波及することによって生じる第二次生産減少額が1,146億円となり、両者を合わせた生産減少額の合計は3,627億円と推定される。これは、直接被害額1,482億円の2.45倍に相当する大きな影響である。なお、直接被害額に生産減少額を加えた5,109億円を、日本海中部地震が秋田県の経済に与えた損害額の合計とみなすと、これは地震が生じなかったとした場合の昭和58年度の秋田県の推定県内総生産4兆7,430億円の10.8%に相当する。

④ ③と同様に、生産額ベースでみた宮城県沖地震による宮城県内の直接被害額は2,688億円であるが、これによる宮城県内の生産減少額を求めると、第一次生産減少額が2,848億円、第二次生産減少額が1,317億円となり、両者を合わせた生産減少額の合計は4,165億円と推定される。これは、直接被害額2,688億円の1.55倍に相当する大きな影響である。なお、日本海中部地震の場合と同様に、直接被害額に生産減少額を加えた6,852億円を、宮城県沖地震が宮城県の経済に与えた損害額の合計とみなすと、これは、地震が生じなかったとした場合の昭和53年度の宮城県の推定県内総生産6兆8,918億円の9.9%に相当する。

⑤ 付加価値ベースでみると、公共復旧投資および建築物復旧投資、及び、これらによる生産誘発を見込んだ上で、日本海中部地震は1,167億円の県内総生産の減少をもたらしたと考えられる。地震が発生しなかったとした場合の昭和58年度の秋田県の県内総生産は2兆3,480億円と推定されるため、地震による損失を差し引くと、昭和58年度の県内総生産は2兆2,313億円程度と推定される。これに対して、秋田県が昭和61年に公表した昭和58年度の県内総生産額は2兆2,561億円であり、本解析による推定値は県内総生産の減少を248億円多く見積もったことになる。

⑥ 付加価値ベースでみると、公共復旧投資および建築物復旧投資、及び、これらによる生産誘発を見込んだ上で、宮城県沖地震は1,056億円の県内総生産の減少をもたらしたと考えられる。地震が発生しなかったとした場合の昭和53年度の宮城県の県内総生産は3兆3,725億円と推定されるため、地震による損失を差し引

くと、昭和53年度の県内総生産は3兆2,669億円程度と推定される。これに対して、宮城県が昭和58年に公表した昭和53年度の県内総生産額は3兆3,275億円であり、本解析による推定値は県内総生産の減少を606億円多く見積もったことになる。

⑦ 地震の影響としては従来、施設や構造物の被害という観点からのみ捉えられてきたが、本解析で明らかになったように2次的な波及も含めた経済的な影響が大きい。今後、このような方面に対する定量的な資料の把握をはじめ、社会構造の特徴と地震の与える影響につき、検討を加えていく必要がある。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路震災対策便覧（震前対策編），昭和63年2月
- 2) 日本道路協会：道路震災対策便覧（震災復旧編），昭和63年2月
- 3) 川島一彦：道路橋の耐震設計と震災対策，道路，第595号，pp.31～36，平成2年9月
- 4) ロマプリータ地震政府調査団：ロマプリータ地震政府調査団報告書（中間報告），平成2年1月
- 5) 国土庁監修：1989サンフランシスコ湾岸地震の記録，ぎょうせい，平成2年3月
- 6) 亀田弘行（研究代表者）：1989年ロマプリータ地震によるサンフランシスコ湾岸地域等の被害に関する調査研究，文部省科学技術研究費報告書，平成2年3月
- 7) 岩崎敏男，川島一彦，伊藤義則，秋元泰輔，辰巳正明，米国ロマプリータ地震調査速報，土木技術資料，pp.63～76，平成2年2月
- 8) 水谷研治：南関東地震の再来が世界経済に与える影響，日本地震工学会振興会ニュース，No.112，pp.3～8，平成元年5月
- 9) 水谷研治：遷都論，平成元年土木学会全国大会研究討論会（21世紀を目指す国土のデザイン）資料，平成元年10月
- 10) 三星道広，後藤 巖：都市部における地震時の被害の波及構造に関する基礎的研究，第37回土木学会年次学術講演会，第i部門，pp.643～644，昭和57年10月
- 11) 大町達夫：震災時の緊急陸上輸送の構造解析，第38回土木学会年次学術講演会，第I部門，pp.805～806，昭和58年9月
- 12) 米沢 朗：日本海中部地震による秋田県の貨物流

- 動の変化と経済被害(その2), 港湾技術資料, 第530号, 運輸省港湾技術研究所, 昭和60年9月
- 13) 田崎忠行: 地震による経済的間接損害の推定手法について, 第35回土木学会年次学術講演会, 第I部門, pp.440~441, 昭和55年10月
 - 14) 村上己里, 中島威夫: 地震災害における間接被害の推定手法に関する研究, 第6回日本地震工学シンポジウム, pp.2049~2056, 昭和62年12月
 - 15) 上田治, 中島威夫, 柴田松雄: 地震による損害の波及効果の一試算例, 第36回土木学会年次学術講演会, 第I部門, pp.503~504, 昭和56年10月, 1, 昭和55年9月
 - 16) 片山恒雄, 森 吉尚: 日本海中部地震と能代市一震災が地域社会へ及ぼす影響に関する事例調査一, 東京大学生産技術研究所, 耐震防災工学研究室, Report No.84~02(5), 昭和59年11月
 - 17) 森 吉尚, 片山恒雄: 震災が中規模都市に与えた影響の実証的研究, 第39回土木学会年次学術講演会, 第I部門, pp.851~852, 昭和59年10月
 - 18) 宮沢健一編: 産業連関分析入門, 日本経済新聞社, 昭和50年4月
 - 19) 内田忠夫, 辻村江太郎, 宮沢健一, 宮下藤太郎: 計量分析編3, 近代経済学講座, 有斐閣, 昭和43年12月
 - 20) 建設省土木研究所: 1983年日本海中部地震災害調査報告, 土木研究所報告, 第165号, 昭和60年3月
 - 21) 秋田県生活環境部環境衛生課: 日本海中部地震の記録, 昭和59年3月
 - 22) 国鉄へのヒアリングによる
 - 23) 運輸省大臣官房情報管理部: 港湾統計(年報), 昭和55年~昭和58年版
 - 24) 秋田県企画調整部情報統計課: 昭和58年度秋田県県民経済計算年報, 昭和61年11月
 - 25) 農林水産省農林経済局: 農林水産省統計表, 昭和45年度~昭和57年度版
 - 26) 経済企画庁経済研究所: 県民経済計算年報(県民所得年報), 昭和45年~昭和57年度版
 - 27) 通商産業省大臣官房調査統計部: 工業統計表, 産業編, 昭和50年度~昭和57年度版
 - 28) 総理府統計局調査部: 事業所統計調査報告, 都道府県編, 昭和50年度~昭和56年度版
 - 29) 建設省河川局河川計画課: 治水経済調査要綱(昭和59年8月), 「産業分類別事業所従業者1人当たり償却資産評価額及び在庫資産評価額」
 - 30) 建設省計画局調査統計課: 昭和55年建設部門分析用産業連関表, 昭和59年5月
 - 31) 行政管理庁行政管理局: 昭和50年産業連関表, 昭和54年1月
 - 32) 経済企画庁経済研究所: 国民経済計算年報, 昭和49年度~昭和55年度版
 - 33) 国税庁長官官房総務課: 国税庁統計年報書, 昭和49年度~昭和55年度版
 - 34) 建設省土木研究所: 1978年宮城県沖地震災害調査報告, 土木研究所報告, 第159号, 昭和58年3月
 - 35) 宮城県総務部: '78宮城県沖地震災害の概況一応急措置と復興対策一, 昭和53年12月
 - 36) 宮城県: '78宮城県沖地震災害の教訓一実態と課題一, 昭和55年3月
 - 37) 日本国有鉄道へのヒアリングによる
 - 38) 運輸省大臣官房情報管理部: 港湾統計(年報), 昭和50年~昭和53年及び昭和55年~昭和58年版
 - 39) 宮城県企画部: 県民経済計算年報, 統計資料第743号, 昭和58年9月

本研究に関連した研究発表

- 40) 川島一彦, 大日方尚巳, 加納尚史: 地震が社会経済に与える影響に関する研究一(その1)昭和58年日本海中部地震の場合一, 土木研究所資料, 第2267号, 昭和60年12月
- 41) 川島一彦, 大日方尚巳, 加藤尚史: 地震災害が地域経済へ与える影響, 一昭和58年日本海中部地震の場合一, 土木技術資料, Vol.29-3, 昭和62年3月
- 42) 岩崎敏男, 川島一彦, 大日方尚巳: 昭和58年日本海中部地震による間接損害の推定, UJNR 耐風・耐震構造専門部会, 第19回合同部会, つくば, 昭和62年5月
- 43) 川島一彦, 杉田秀樹, 加納尚史: 地震災害が地域経済へ与える影響, 一昭和53年宮城県沖地震の場合一, 土木技術資料, Vol.31-12, 平成元年12月
- 44) Kawashima, K. and Kanoh, T.: Evaluation of Indirect Economical Effect Caused by the 1983 Nihon-kai-chubu, Japan, Earthquake, Earthquake Spectra, Vol.6. Number 4, December 1990
- 45) 川島一彦, 杉田秀樹, 加納尚史: 地震災害が地域経済に与える影響, 第8回日本地震工学シンポジウム, 東京, 平成2年12月

平成2年10月3日 原稿受理

湖内および湾内に発達する砂嘴地形の変形特性

宇多 高明*
山本 幸次**

Spit Formation in Lake and Bay

by Dr. Takaaki UDA
Koji YAMAMOTO

要 旨

湖浜、水理模型実験、現地海岸のデータを基に砂嘴地形の変形特性について論じた。まず、茨城県東部にある潟沼の中に発達している親沢鼻砂嘴を対象として現地観測を行った。観測によれば、①砂嘴周りの侵食域では陸上部に急勾配斜面が、水面下に緩勾配斜面が形成されること、一方、堆積域では陸上部に平坦面が、水面下に急勾配斜面が形成されること、②侵食域と堆積域との境界では顕著な地形変化は生じないこと、さらに、③湖浜が侵食される場合、陸上部の急勾配斜面はほぼ平行移動しつつ後退し、また、堆積域の水面下に形成される急勾配斜面もほぼ平行移動することが見出された。次に、砂嘴の形成機構を詳細に調べるために、移動床模型実験を行い、上述の地形特性が実験的に再現されることを示した。また、実験によれば、①侵食域においては、移動限界水深以深では地形変化は生じることなく、同様に波の作用の及ばない浜岸上部には初期地形が残されること、②堆積域の波の打ち上がり高さ以上では初期地形が残され、土砂が落ち込む水深以深では地形変化が生じないことが見出された。上述の砂嘴周りの地形特性は、海浜地形変化に関する時間、空間の置換の可能性を強く示唆する。そこで本論文では、海浜断面形の経時的変化を空間的变化に置換することにより、海浜断面形の変化特性を調べることができる断面形状の重ね合わせ手法を新たに提案した。また、この手法により親沢鼻砂嘴と実験的に得られた砂嘴地形を解析した。この結果、断面形状の重ね合わせ手法によって推定された沿岸漂砂の移動高と、深淺測量データを直接比較することによって得られた移動高とが良好な対応を示すことが分かった。さらに、海浜断面形状の重ね合わせ手法を富山湾内にある下新川海岸の地形特性の分析に応用した。これによると、湖内および実験室で形成された砂嘴地形が持つ地形特性と同様の特性が現地海岸でも見られた。最後に、実験室の砂嘴、潟沼親沢鼻砂嘴および下新川海岸を代表する長さのスケールの比較を行った。汀線変化量を水平スケールとしてその比を取ると、実験室、親沢鼻砂嘴、下新川海岸の順に、約1:10:2000となった。また、侵食域における移動限界水深と平均的な入射波高を鉛直方向の代表スケールとして選ぶと、同様な比は、約1:5:300および約1:3:30となった。このように代表的な長さのスケールに関する相似則は成立していないものの、実海岸に比較してはるかに小規模な水理模型実験によっても砂嘴地形周りの地形特性やその変形特性が定性的意味で再現可能であることが分かった。このことは大スケールを持つ現地海岸の現象を湖内や小規模な水理実験によっても調べられることを意味する。

キーワード：砂嘴地形、海浜断面形、侵食・堆積特性、移動限界水深、潟沼、水理模型実験、下新川海岸、縮率。

*) 河川部海岸研究室長、工博

**) 河川部海岸研究室研究員

Synopsis

Field investigations on beach topography and breaker height distributions around Oyazawabana Spit in Lake Hinuma in Ibaraki Prefecture were carried out in order to investigate the formation process of a sand spit in a lake and bay. Results of the beach survey show that the beach is eroded gradually on the east side of the spit where predominant wind waves are incident, a plane bottom cut by waves is formed in shallow water region, and the foreshore slope becomes steep. On the west side of the spit the beach is accreted keeping the berm height almost constant and the offshore beach slope becomes steep due to the falling of sediment into a deeper location.

A movable bed experiment on the change of the spit configuration was conducted. In the experiment, beach topography, breaker height and breaker angle were measured. The characteristic topographic changes due to beach erosion occurring in front of the spit and accretion behind it agree well with those observed around Oyazawabana Spit. The distributions of the breaker angle and the breaker height around the model spit also correspond to the results obtained in Lake Hinuma.

In order to show that such beach changes occurred in the laboratory experiment and in Lake Hinuma exist on the real open coast with much larger spatial scale, field data were collected from the Shimonikawa Coast in Toyama Bay and the shape of the contour lines was examined. Three sets of data qualitatively agree well on the characteristic beach topography of the spit. The relative scale ratios of the change in shoreline position and the critical depth for sand movement became 1:10:2000 and 1:5:300, respectively, although dynamic similitude condition was not satisfied. Nevertheless these results elucidate that beach changes of a large-scale spit on the real coast can be examined in the beach changes of the spit in a rather small-scale experiment or in a lake.

Key words: Sand spit, Beach profiles, Erosion, Accretion, Critical depth for sand movement, Lake Hinuma, Laboratory experiment, Shimonikawa Coast, Scale ratio.

目 次

1. まえがき.....	(4)
2. 湖内に形成された砂嘴地形の特性.....	(4)
3. 砂嘴地形の形成に関する水理模型実験.....	(7)
4. 断面形状の重ね合わせ手法.....	(10)
5. 湾内に形成された砂嘴地形の特性.....	(12)
6. 考察.....	(13)
7. あとがき.....	(14)
参考文献.....	(14)

1. まえがき

全国各地で起きている海岸侵食の問題を考えると、地形的な理由より侵食を受け易い海岸が存在することに気づく。一般に、急深な湾などにおいて、河川から多量の土砂が供給され、さらに一方向からの斜め入射波が卓越すると砂嘴が形成される。このような砂嘴地形の一部を構成する海岸は構造的に侵食を受け易い海岸に分類される。なぜならば、砂嘴地形はもともと十分な漂砂供給によって形成されてきたものであるために、海岸への供給土砂量の減少がただちに著しい海岸侵食につながるからである。砂嘴は一般に特異な地形と考えられているが、全国各地で著しい侵食が見られる海岸のうちのかなり多くの海岸が砂嘴の一部を構成する海岸である¹⁾。例えば、黒部川扇状地にある下新川海岸、大井川、安倍川扇状地にある駿河海岸²⁾、静岡・清水海岸などが具体例としてあげられる。したがって、砂嘴地形の一部を構成する海岸の侵食問題を本質的な意味より解決するには、砂嘴地形（本論文では、砂嘴の平面形状、断面形状および土砂供給源となる海岸の平面形状や断面形状を指す。）の特性と変形過程を十分理解する必要がある。

ところで、砂嘴の形態やその変形過程に関する従来の研究^{3)~6)}は、砂嘴の平面形状にのみ注目し、主として汀線変化を論じており、海底地形との関連において地形変化を論じた研究は少ない。その理由として、湾内に形成された砂嘴の規模は一般に数km~数十kmと大きいこと、砂嘴周辺での詳細な深淺測量が困難なこと、および規模の大きな砂嘴の変形には長い時間スケールを要することから、深淺測量を長期的に繰り返して地形変化を調べることが容易でないことなどが指摘される。しかし、砂嘴の形成とその変形には周辺の海底地形と波・流れとが深く関与するために、砂嘴周辺の波、流れの分布、沿岸漂砂量、断面形状、侵食域と堆積域の土砂収支などを定量的に把握して、それらをもとに議論を加えなければならない。

本研究では、湾内に形成された砂嘴より規模が小さく、波浪観測や深淺測量を比較的行い易い湖内に形成された砂嘴に着目し、その地形特性や変形過程を定量的に明らかにする。次に、湖内に形成された砂嘴地形の特性が水理模型実験により再現可能なことを示す。また、水理模型実験と湖内での現地観測から得られた砂嘴地形の特性をもとに、海浜変形特性を把握することの可能な海浜断面形の重ね合わせ手法を提案する。最後に、断面形の重ね合わせ手法により湾内に形成さ

れた砂嘴地形（下新川海岸）のデータを解析するとともに、実験室、湖内および湾内に形成された砂嘴を表わす代表スケールの比較を行い、砂嘴地形の相似性について考察する。

2. 湖内に形成された砂嘴地形の特性

湖内に形成された砂嘴としては、茨城県東部にある濁沼の北岸に位置する親沢鼻砂嘴（図-1）を選ぶことができる。濁沼は太平洋より約2.5kmに位置する面積約7km²の汽水湖である。図-2は、1983年3月の深淺測量⁷⁾の結果得られた親沢鼻砂嘴周辺の地形図である。図の

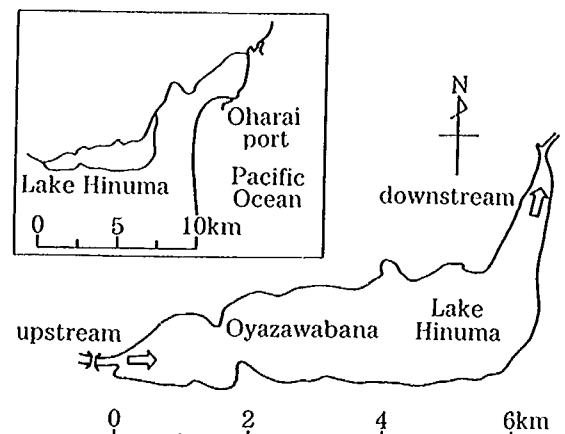


図-1 濁沼および親沢鼻砂嘴の位置

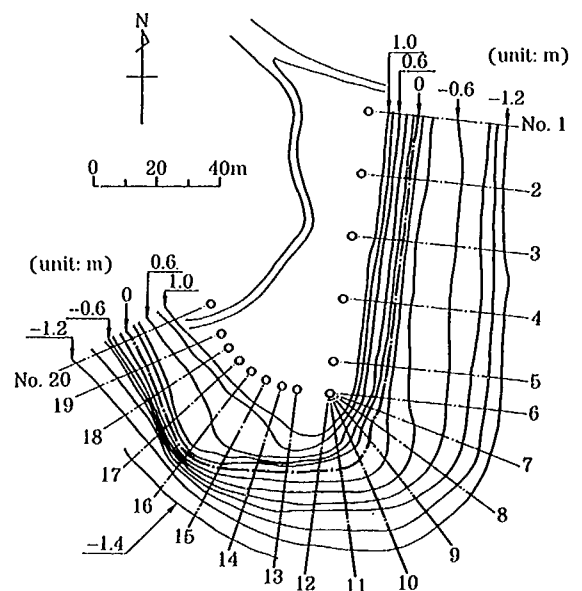


図-2 親沢鼻砂嘴の地形（1983年3月測量）

基準面は T.P.0.2m にとつてある。ここに、T.P.は Tokyo Peil (東京湾中等潮位) の略称である。基準面を T.P.0.2m にとつた理由は、湖沼の平均水面が 1982 年 8 月の水位観測の結果によれば T.P.0.2m にあったからである。湖浜地形を調べると、まず、砂嘴の東側の海浜 (No.1 ~ No.8) では、1.0 ~ -0.4m の等高線間隔は狭く、-0.4 ~ -0.8m のそれは広がっていることから、前浜付近には急勾配斜面が、-0.4m 以深には緩勾配斜面が形成されていることが分かる。一方、西側の海浜 (No.15 ~ No.20) では、1.0m と 0.8m の等高線間隔は狭いのに対し、0.8 ~ 0.4m のそれは広い。また、0.4 ~ -1.0m の等高線間隔は 1.0m と 0.8m のそれよりさらに狭い。これらのことから、1.0m と 0.8m の間には急勾配斜面が、0.8 ~ 0.4m には平坦面に近い緩勾配斜面が、0.4 ~ -1.0m にはかなり急勾配な斜面が形成されていることが分かる。全体的に見ると、東側 (No.1 ~ No.8) には陸上部に急勾配斜面、水面下に緩勾配斜面が形成されており、西側 (No.15 ~ No.20) には陸上部に緩勾配斜面、水面下に急勾配斜面が形成されている。すなわち、東側と西側は対照的な地形特性を示す。

1982 年 8 月の波浪観測の結果得られた親沢鼻砂嘴周辺の碎波波高分布を図-3 に、碎波波向を図-4 に示す。図-1 に示した湖沼の平面形状によれば、親沢鼻砂嘴では東側の吹送距離が長いこと、また親沢鼻の東北東約 5.6km に位置する大洗港で観測された風向は東が卓越することから、親沢鼻砂嘴に作用する卓越波の入射方向は東と推定される。一方、親沢鼻砂嘴の汀線の方角は測点 No.1 ~ No.9 では南北方向、No.10 ~ No.15 では東西方向、No.16 ~ No.20 では東南 ~ 西北方向を示す。このため、No.3 ~ No.9 では汀線とほぼ直角方向より波が入射し (図-4)、碎波波高は約 10cm と高い (図-3)。No.10 ~ No.15 では東からの波が屈折して入射するため、汀線に約 20° の角度で入射し、碎波波高は約 10 ~ 30cm と徐々に小さくなる。

次に、親沢鼻砂嘴の周辺地形の変形過程を 1983 年 3 月と 1988 年 11 月の深淺測量データをもとに調べよう。深淺測量から得られた汀線変化を図-5 に示す。測線 No.15 を境に東側では汀線が後退し、西側では前進している。東側の No.1 ~ No.5 の区間の汀線後退量は小さい。しかし、砂嘴の先端部の No.5 ~ No.9 の区間では先端に向かうにしたがい汀線の後退量が徐々に大きくなり、No.9 では汀線は測線方向に約 6m の後退を示す。しかし西側の No.9 ~ No.15 の区間では汀線の後退量は徐々に小さくなる。砂嘴先端部より西側の No.15 ~ No.20 では、1983 年の汀線とほぼ平行に汀線が大きく前進し、その前進

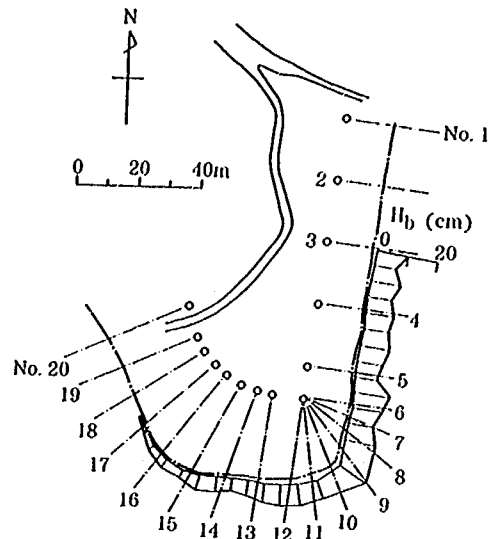


図-3 親沢鼻砂嘴周辺の碎波波高分布

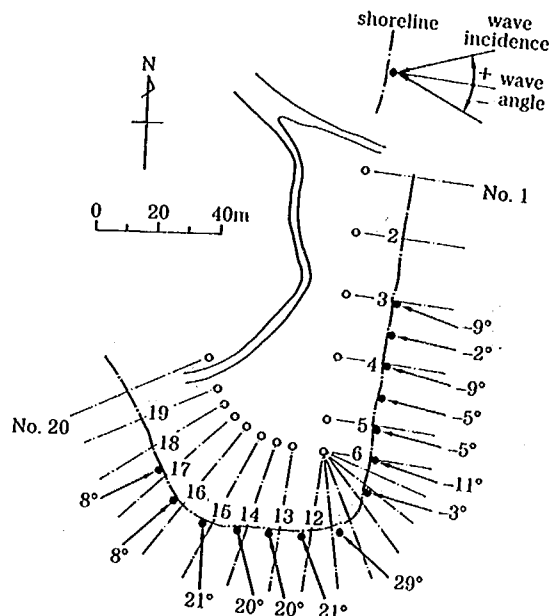


図-4 親沢鼻砂嘴周辺の碎波波向分布

量は約 8m である。この変形過程は、図-3, 4 に示した碎波波高と碎波波向の分布と良く対応している。すなわち、碎波波高は高いが波がほぼ直角に入射する No.1 ~ No.5 の区間では汀線後退量が小さいのに対し、碎波波高が高く、約 20° の角度で波が入射する No.6 ~ No.13 の区間では汀線後退量が大きい。また、碎波波高が低く、入射波浪の遮蔽域に入る No.16 ~ No.20 の区間では、汀線が大きく前進している。東からの入射波によって測線 No.1 ~ No.15 の区間が侵食され、その土砂は西側の遮蔽

域に運ばれ、測線No15～No20の区間に堆積したことが分かる。

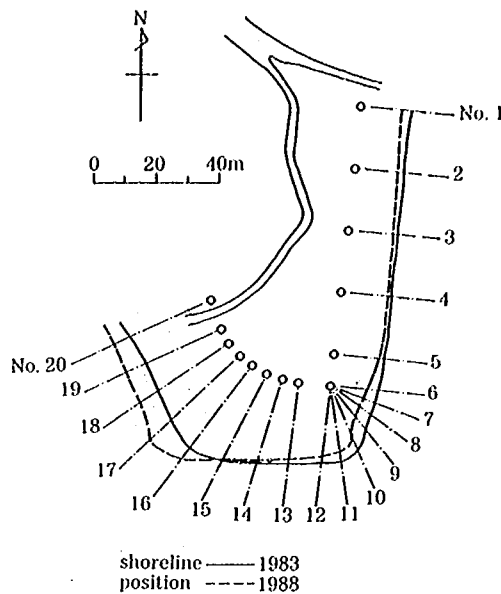


図-5 親沢鼻砂嘴周辺の汀線変化 (1983年3月～1988年11月)

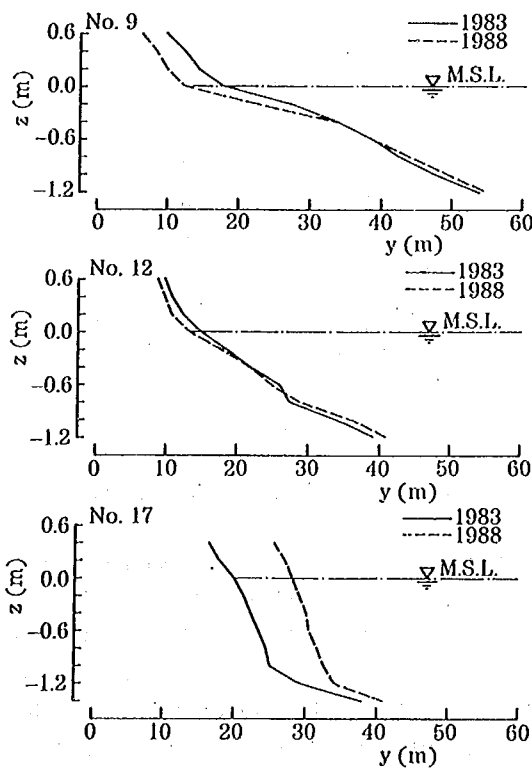


図-6 親沢鼻砂嘴周辺の侵食域、堆積域および中立域の断面形状とその変化 (1983年3月～1988年11月)

図-6には、侵食域、堆積域およびそれらの中間にある中立域の代表断面形を示す。1983年3月の断面形は実線で、1988年11月のそれは破線で示す。侵食域のNo.9では、0.6～-0.4mの範囲で断面は後退し、このとき前浜付近はほぼ平行に後退している。No.12は、ほとんど地形変化が生じていない中立断面である。堆積域のNo.17の断面は、1983年に比べ1988年には沖方向に約8m前進している。1983年と1988年の断面形状はほぼ同じで、平行移動したように見える。

各測線の1983年から1988年までの断面形状の変化によれば、断面積の変化量 ΔA と、汀線の変化量 Δy を算出することができる。また、図-6のように断面形状は完全に閉じた形とはならないため、1983年と1988年に測定された断面形状における上・下端を各々直線で結んで断面積の変化量を計算する。以上の方法によって求めた1983年から1988年までの断面積変化量 ΔA と汀線変化量 Δy との関係を図-7に示す。 ΔA と Δy との相関を調べると、相関係数 $R=0.97$ で次式が成り立つ。

$$\Delta A = 1.34\Delta y + 1.64 \dots\dots\dots(1)$$

ここに、 ΔA 、 Δy の単位はそれぞれ m^2 、 m である。 ΔA と Δy の回帰係数は、沿岸漂砂によって地形変化が生ずる際の漂砂の移動高 h を与える。すなわち、1983年3月と1988年11月の深浅測量結果の比較から得られた漂砂の移動高は1.34mとなる。

次に、親沢鼻砂嘴周りで生じた地形変化より土砂収支について調べ、沿岸漂砂量の推定を試みる。断面積

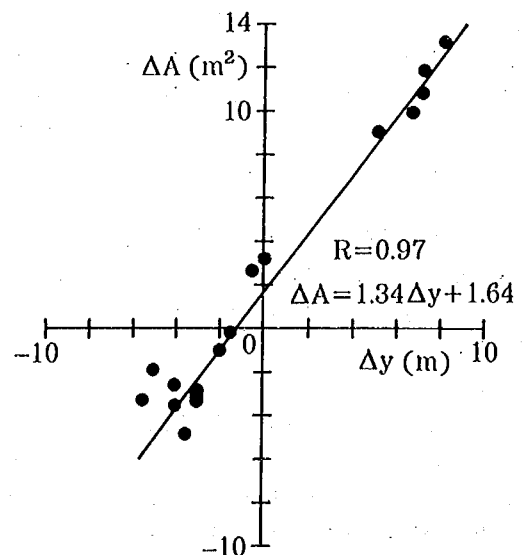


図-7 汀線変化量 Δy と断面積変化量 ΔA の相関

変化量 ΔA を用いて侵食土砂量 V_e 、堆積土砂量 V_a を計算すると、それぞれ $V_e=430\text{m}^3$ 、 $V_a=670\text{m}^3$ となる。図-5に示すように、侵食・堆積域は計算範囲に完全には含まれていないから、土砂量の推定精度はあまり高くないことを考慮し、1983年3月～1988年11月の期間での変化土砂量 V は V_e と V_a の平均値とする。この場合、変化土砂量は $V=550\text{m}^3$ となる。変化土砂量を測量期間である約5.5年間で除すと、1983年～1988年において砂嘴先端部を通過する漂砂量 Q は $100\text{m}^3/\text{yr}$ となる。この値は、外洋に面した海岸における $10^4\text{m}^3/\text{yr}$ のオーダーの沿岸漂砂量と比較すると 10^2 のオーダー小さくなっている。これは、湖沼内では最長フェッチが約3.5kmと限られており、外洋に面した海岸と比較して低波高のみが作用するためである。

3. 砂嘴地形の形成に関する水理模型実験

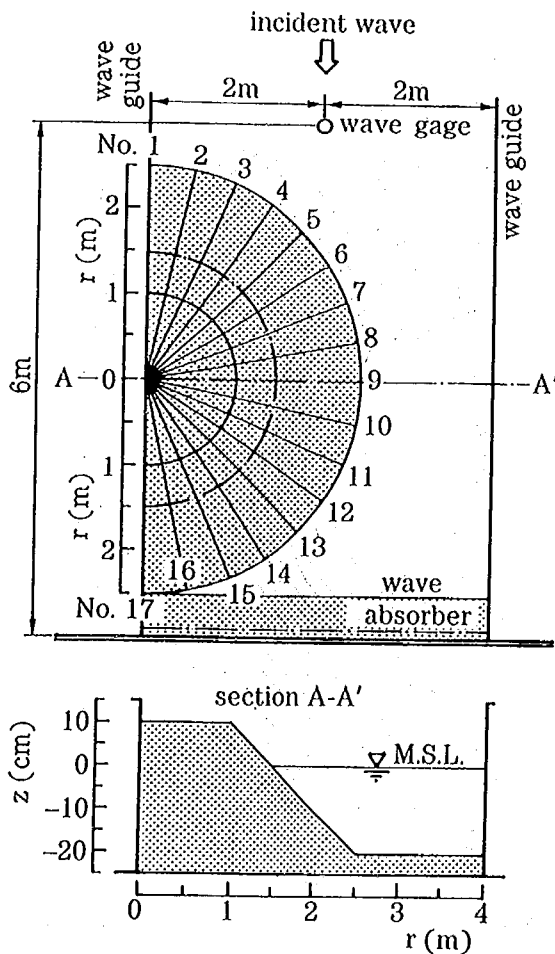


図-8 模型海浜と測線配置

砂嘴地形が形成される前の模型（初期地形）は、中央粒径 0.28mm の砂を用いて図-8のように整形した。初期地形の平面形状は半円形とし、その海底勾配は $1/5$ である。初期汀線は $r=1.5\text{m}$ の半円形で与えられる。初期地形の前浜高さは 10cm に、また平坦部水深は 20cm に保った。ただし、初期地形の中心を通る $A-A'$ より 3m 造波機側では、水深が 30cm となるようにした。また造波機の反対側には、消波のために異形ブロックの消波工を設置した。実験時、入射波高は水槽中央断面上の1測点で測定した。海浜形状は、初期地形を16等分した測線に沿って測定した（図-8参照）。実験では波によって顕著な地形変化が生ずる限界水深が平坦部水深より浅くなるよう入射波高約 3cm 、周期約 0.8 秒の波を選択した。

まず、初期地形周辺の碎波波高と碎波点における入射角の分布について述べる。図-9は実験開始直後における碎波波高と入射角の分布である。碎波点位置は○印で、また入射方向は矢印で示されており、矢印の長さが碎波波高を表わす。測線No.1からNo.5までの碎波波高は平均約 3.2cm であるが、No.10付近より碎波波高は急速に低くなる。この状況は親沢鼻砂嘴の周辺で得られた図-3の結果と良い対応を示す。一方、碎波点にお

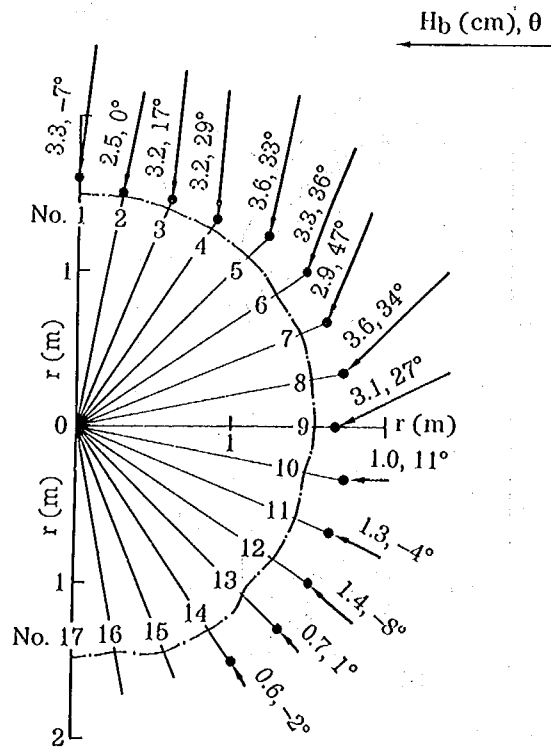


図-9 初期地形周辺の破波波高・波向分布

ける入射角は測線No 7で 47° と最大値をとったあと次第に減少し、No11より下手側ではほぼ測線方向からの入射に変化する。これらの状況も親沢鼻砂嘴の周辺での入射角の実測値(図-4)と良く対応する。ただし実験値の方が入射角の絶対値が大きくなっている。この波浪条件のもとでの汀線の経時変化を図-10に示す。測線No10を境として、それより漂砂の上手側に位置するNo 1からNo 9の範囲では汀線が後退し、逆に下手側では汀線が前進している。侵食域での汀線の後退速度は初期ほど速く、その変化割合は時間の経過とともに減少する。一方、測線No13、No14付近には沿岸漂砂によって運ばれた砂が堆積し、砂嘴が形成されている。砂嘴の発達も初期ほど著しく、時間が経過すると発達速度は徐々に遅くなる。

図-11は初期状態における海浜形状を示す。等高線は同心円状であり、初期汀線は半径約1.5mの半円形で与えられる。同様に図-12は実験開始3時間後における海浜形状である。図-11と図-12の比較によると次の点が

明らかになる。測線No 1～No 7では陸上部の10～0 cmの等高線間隔がかなり狭く、逆に水面下の $-2 \sim -8$ cmの等深線間隔は広がっている。すなわち、陸上部に急勾配の斜面が、水面下に緩勾配斜面が形成されており、これらは親沢鼻砂嘴の東側の地形(図-2参照)と良く一致する。一方、No11～No15では陸上部の2 cm以高では等高線間隔は初期と変わらないが、 $2 \sim 0$ cmの等高線間隔が広くなり、 $-2 \sim -16$ cmの等深線間隔が狭くなっている。すなわち、陸上部には平坦面に近い緩勾配斜面が、水面下には急勾配斜面が形成されたことが分かる。このことは、親沢鼻砂嘴の西側の地形(図-2参照)と良く対応する。また、それらの境界上のNo 8～No10では大きな地形変化は生じていない。

同様なデータより海浜断面形の比較を試みる。海浜断面形状は、実験前(0 hr)と実験開始後(1, 2, 3 hr)に測定されているので、それらを比較する。海

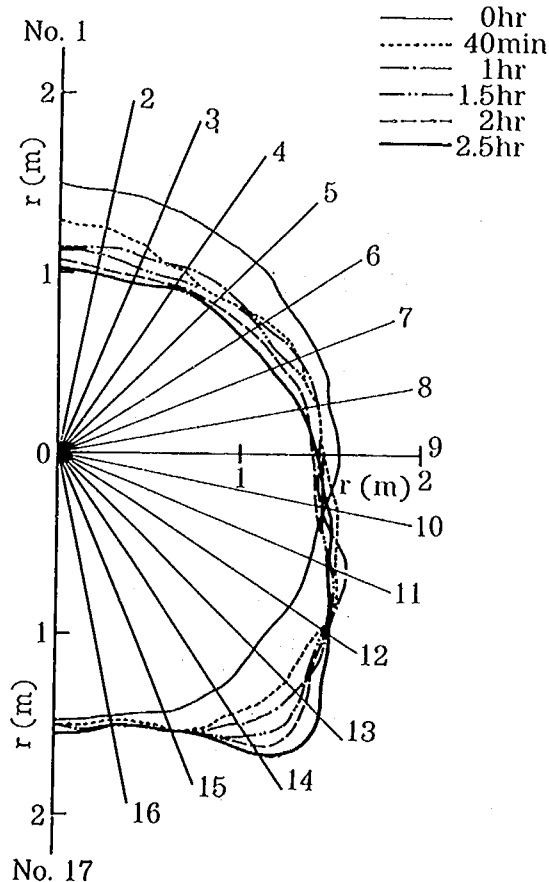


図-10 汀線変化

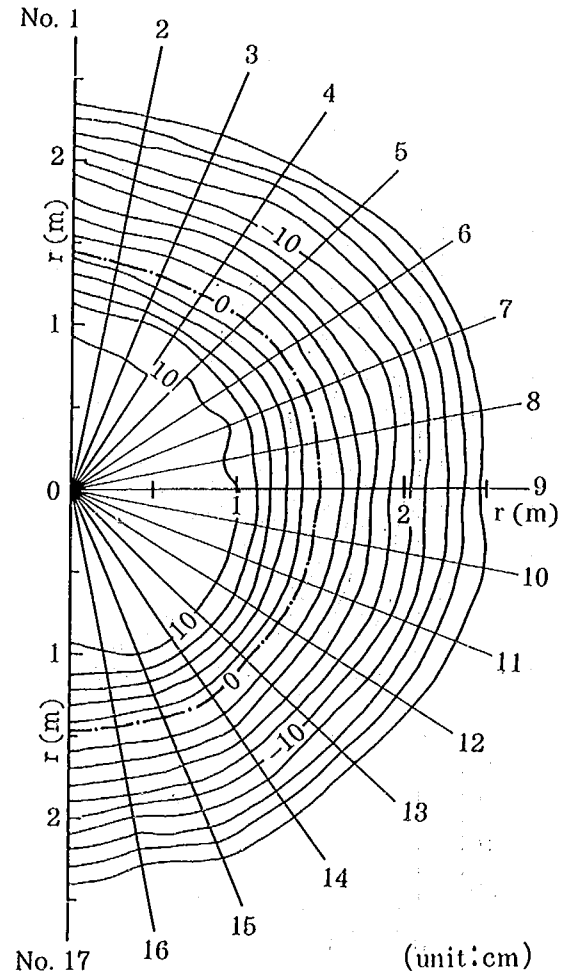


図-11 初期地形

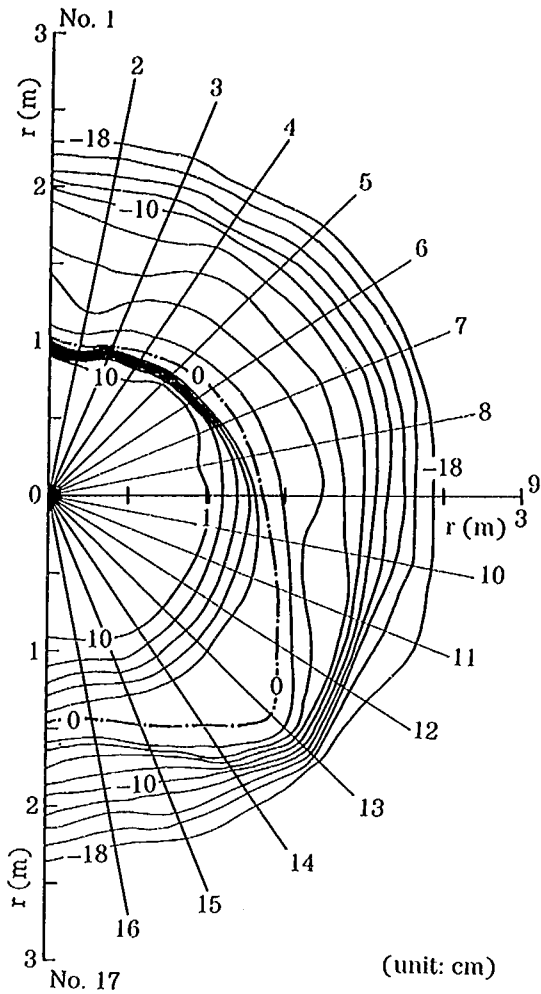


図-12 砂嘴形成後の地形

浜断面形状の測定はNo. 1よりNo. 17まで17測線で行われているが、ここでは侵食域、堆積域を代表する各断面と、その中間の侵食も堆積もあまり起きていない中立的な断面を選ぶ。図-13はこれら3断面を重ねて表示したものである。

測線No. 2は侵食断面の経時変化である。侵食域では浜崖ができて汀線が後退する。変形過程の特徴は次のように要約される。①前浜勾配はほぼ一定であり、また前浜より高い部分には浜崖が形成される。侵食が進むとき、この浜崖の勾配と前浜勾配は一定値を保つ。すなわち、陸上部の急勾配の斜面は平行移動したように変形しており、この状況は親沢鼻砂嘴の侵食域の変形(図-6)と良く対応する。②顕著な地形変化の生ずる限界水深は8 cmにある。この限界水深から水深2.5 cmまでの間には緩斜面が形成される。

堆積断面からはNo. 13を選ぶ。No. 2と比較すると対照的な変化となっており、No. 2では陸上部の変化が大きい、No. 13では海面下の地形変化がほとんどを占める。この断面の地形変化の特徴は以下に要約される。①陸上部では波の遡上範囲まで土砂が堆積し、平坦面が形成される。また、土砂が落ち込む限界の水深より深い所では地形変化は生じない。②汀線が前進するとき、前浜勾配はほぼ一定である。③-2 cmより深海部では海底勾配がほぼ一定となり、水面下の急勾配斜面は平行移動したように変形する。このことは、親沢鼻砂嘴の堆積域の変形(図-6参照)と良く対応する。

中立断面であるNo. 10では、図示するように汀線はほとんど変化していない。しかし-4 cm以深には土砂が

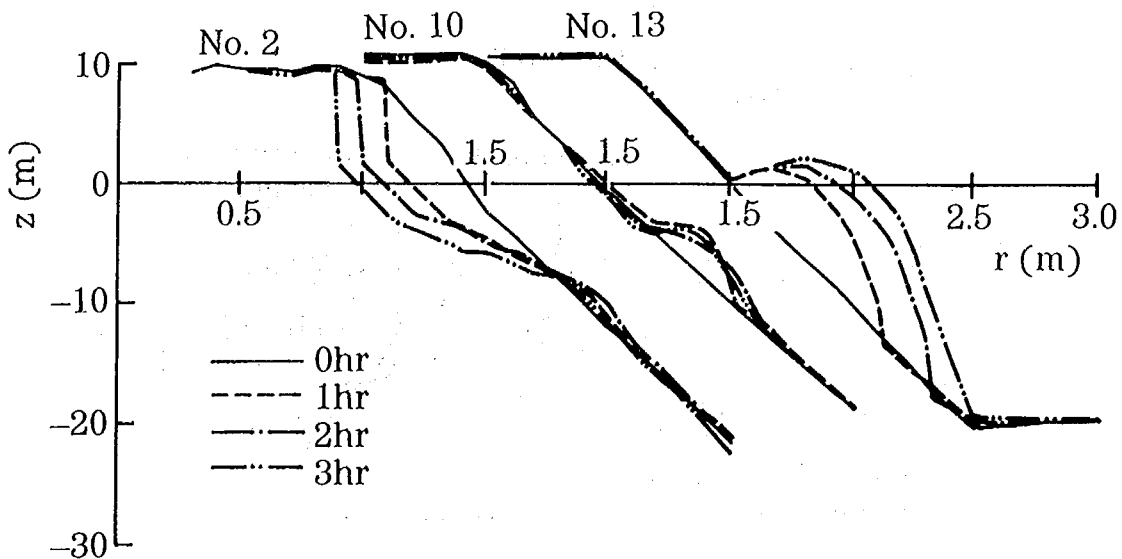


図-13 侵食域、堆積域および中立域の断面形状とその経時変化

堆積している。これは下手方向へ移動する沿岸漂砂の一部が堆積したものと考えられる。したがって厳密な意味では測線No10は侵食も堆積も生じない中立断面とは言えないが、No9では汀線付近の侵食がまだ大きいことから判断すると、No10はほぼ中立的位置にあると言える。

各時刻の海浜形状は既知なので、初期形状からの海浜断面面積の変化量 (ΔA) と汀線変化量 (Δr) とを求め、両者の相関を調べると、相関係数 $R=0.975$ で次式が成立する。

$$\Delta A = 0.109 \Delta r + 0.029 \dots\dots\dots (2)$$

ここに ΔA , Δr の単位はそれぞれ m^2 , m である。式(2)より移動高は $10.9cm$ となる。

以上、潟沼と実験室で漂砂の移動高が求められたが、漂砂の移動高と来襲波のエネルギー平均波高の沖波換算値の間にはかなり高い相関があることが知られている¹⁰⁾。そこで、移動高 (h_m) とエネルギー平均波高の沖波換算値 ($\bar{H}_0'$) が明らかにされている他の現地海岸のデータを用いて、それらの関係について再検討した (図-14)。実験室、湖内のデータを含めると、相関係数 $R=0.97$ で次式が成立する。

$$h_m = 10.1 \cdot \bar{H}_0'^{1.15} \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 h_m : 移動高 (m), $\bar{H}_0'$: エネルギー平均波高の沖波換算値 (m) である。式(3)は、波高にほぼ比例して移動高が増加することを示す。また、この関係は現地データのみでなく、湖内や小規模な模型実験データに関しても統一的に成立することが特色である。

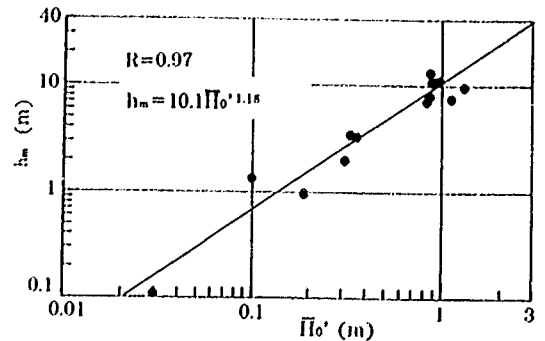


図-14 移動高 (h_m) とエネルギー平均波高の沖波換算値 ($\bar{H}_0'$)

4. 断面形状の重ね合わせ手法

実験室および湖内に形成された砂嘴地形の特性と変形過程は次のように要約できる。①侵食域では陸上部に急勾配斜面が、水面下に緩勾配斜面が形成される。堆積域では陸上部に平坦面に近い緩勾配斜面が、水面下に急勾配斜面が形成される。②侵食域と堆積域との境界では顕著な地形変化は生じない。③侵食される場合、陸上部の急勾配斜面は平行移動したように変形する。同様に、堆積する場合においても水面下の急勾配斜面は平行移動したように変形する。

次に、実験結果からは次の点がさらに指摘される。①侵食域では移動限界水深以深では地形変化は生じない。また、浜崖上部には初期地形が残される。②堆積域では波の打ち上がり高さ以上では初期地形が残され

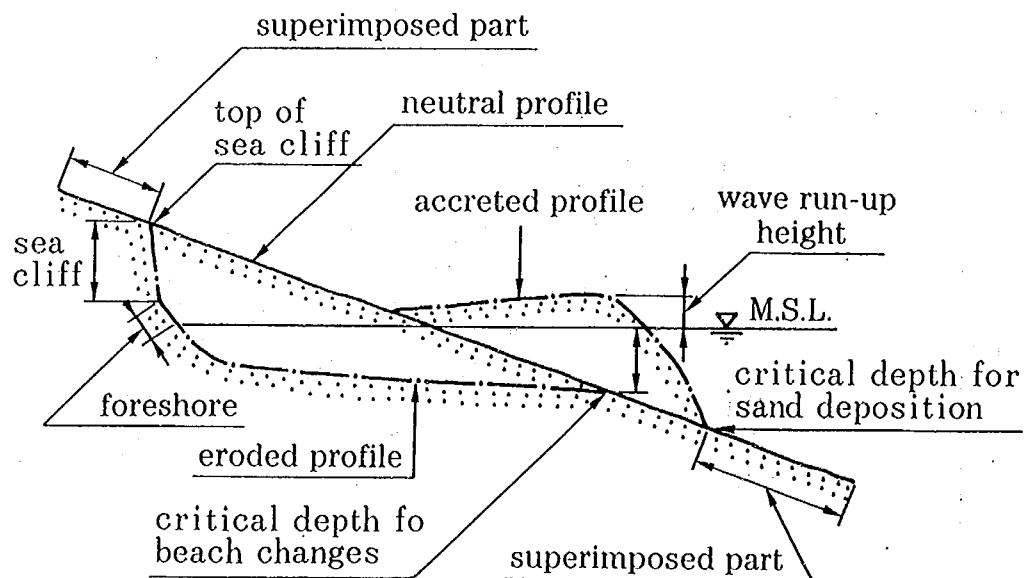


図-15 重ね合わせ手法で仮定した海浜断面形状特性

る。また、土砂が落ち込む水深より深い所では地形変化は生じない。

以上の砂嘴地形の特性を模式化すると図-15となる。図中に示した3つの断面形状は一断面内で観察されるものでなく、侵食域、中立域および堆積域でそれぞれ観察されるものであって、このような変化には沿岸漂砂による砂輸送が決定的に重要な役割を果たす。そこで、この地形特性は沿岸漂砂によって地形変化が生ずる海浜においても一般的に成立すると考え、本研究では断面形状の重ね合わせにより海浜変形を調べる方法を提案する。まず、波以外の営力による地形変化を無視し、波の作用のみで地形変化が生ずると仮定する。沿岸漂砂が卓越し、著しい侵食が起きた場合、侵食断面では浜崖が形成される。このため、変形前の地形に関する情報は陸上部の浜崖頂部より高い位置にのみ残される。また、沿岸漂砂によって顕著な地形変化が生じる限界水深より深い所でも、海浜変形前の地形が保たれる。一方、堆積断面では陸上部の波の打ち上がり高さより高い位置では地形変化は生じない。水面下では土砂が深みへ落ち込むが、土砂の落ち込んでいない部分の海底面では変形前の地形形状が保たれる。しかも土砂が堆積した部分と変形前の地形形状との境は、一般に海底勾配が急変するのでその位置を容易に知ることができる。結局、侵食域では浜崖頂部より高い陸上部と、沿岸漂砂によって顕著な地形変化が生じる限

界水深に深に、堆積域では波の打ち上がり高さ以上の陸上部分と、土砂が落ち込んでいない部分において変形前の地形に関する情報が残されていることになる。

これらの条件が成立する場合、侵食、堆積域における地形変化前の断面形状の推定を行うことができる。いま、岸沖方向漂砂による地形変化が十分小さいとすると、侵食域と堆積域の境界では沿岸漂砂によって地形変化は生じない。ここでは変形前の海浜断面形状(いわば中立的断面形状)が保たれる。侵食域では、中立的断面形状と侵食傾向にある各断面の移動限界水深より深い部分の断面形状を重ね合わせることで、侵食に伴う断面形の変化や汀線の後退量を把握することができる。また堆積域では、中立的断面形状と堆積傾向にある各断面における陸上部の波の打ち上がり高さ以上の断面形状、および水面下の土砂の落ち込んでいない部分の断面形状を重ね合わせることで、堆積に伴う断面形の変化や汀線の前進量を調べることができる。

そこで、この手法を用いて瀬沼内の親沢鼻砂嘴の解析を試みる。解析に用いる断面形状は1983年3月の深浅測量で得られたものである(図-2参照)。図-2において測線No.12は侵食域と堆積域の境界に位置しているので、中立断面と見なせる。No.12を中立断面と見なし、各断面形を平行移動させて沖合部がNo.12の形状とほぼ一致するように重ね合わせると図-16となる。厳密な意

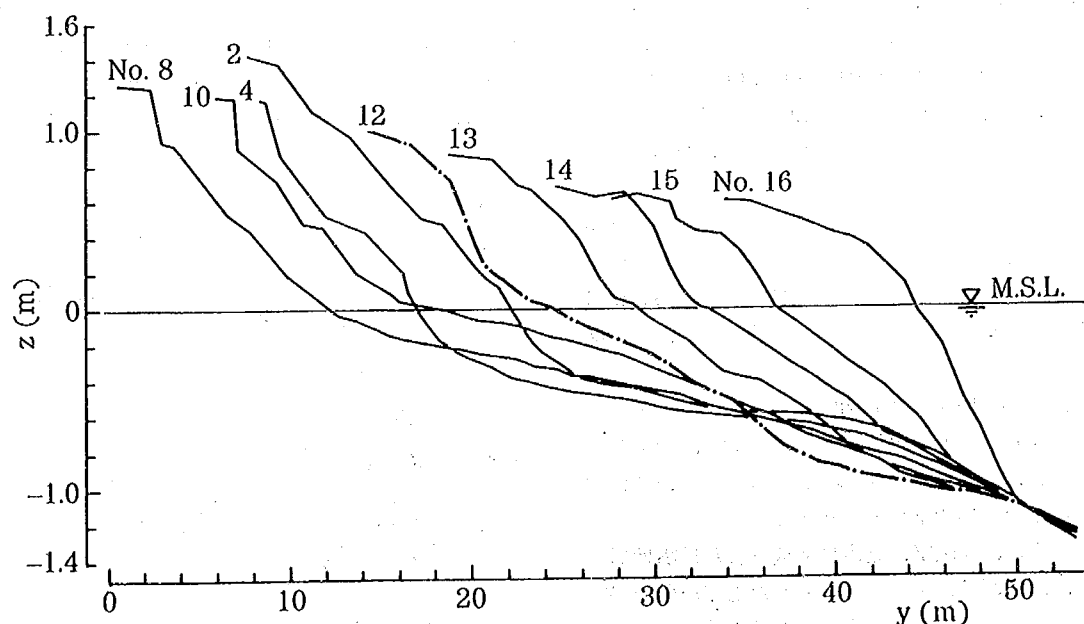


図-16 1983年3月の深浅測量から得られた親沢鼻砂嘴周りの断面形状の重ね合わせ

味においてNa12が中立断面ではないために、沖合部でも形状に差違がある。しかし、全断面形は湖面下でほぼ1つの形状に漸近している。侵食域にある測線Na2～Na10は沖合の平坦部がほとんど一致する。また前浜付近の勾配はほぼ一定である。これらの断面はあたかもNa12の断面が岸沖方向に時間的に後退したかのような形態を示す。このことは、空間的な地形変化を地形の時間的な変化に置き換えられることを示唆している。すなわち、ある時刻において多数の測線で行われた深浅測量のデータが、数少ない断面で経時的に密に測定された断面形の経時変化過程を良く説明できることにほかならない。一方、堆積域では前浜の平坦部の高さが約0.6mと一定であり、また湖浜勾配はNa16に近づくにつれて急になる。しかも測線Na16において見られるように、明瞭な傾斜変換点をもって沖浜の湖底面と接続している。さらにNa12からNa16までの前浜付近の形状は上に凹型から凸型へと遷移していることが分かる。

図-16から測線Na12を各測線の変形前の断面形状と仮定して、汀線の変化量と断面積の変化量を求め両者の相関を調べた。ただし、海浜断面積は閉曲線でないため求められないので、侵食域では各断面の浜崖の上部とNa12の形状が滑らかに接するように定めた。断面積の変化量(ΔA)と汀線の変化量(ΔY)の間には、相関係数 $R=0.996$ で次の関係が成立する。

$$\Delta A = 1.33\Delta Y - 0.84 \quad \text{.....(4)}$$

ここに ΔA 、 ΔY の単位はそれぞれ m^2 、 m である。 ΔA と ΔY の回帰係数は、沿岸漂砂によって地形変化が生ずる際の漂砂の移動高を与える。したがって、親沢鼻砂嘴周りの沿岸漂砂の移動高は1.33mと推定できる。この値は、実際に1983年3月と1988年11月に深浅測量を行い、断面形状を比較して求めた値(1.34m)と一致する。

さらに、この手法を実験で再現した砂嘴地形に応用し、3時間後の海浜断面形(図-13参照)のみを用いて重ね合わせ手法により汀線の変化量と断面積の変化量を算出し、両者の相関を調べると、相関係数 $R=0.980$ で式(5)が得られる。

$$\Delta A = 0.108\Delta r - 0.0028 \quad \text{.....(5)}$$

ここに、 ΔA 、 Δr の単位はそれぞれ cm^2 、 cm である。式(5)によれば、移動高は10.8cmとなるが、この値は式(2)で求めた値(10.9cm)と一致する。

このように、実験室、湖内に形成された砂嘴地形において、深浅測量によって求められた沿岸漂砂の移動高の実測値と、断面形状の重ね合わせ手法によって求められた推定値とが良く一致することは、断面形状の

重ね合わせ手法が砂嘴地形の特性と変形過程を明らかにする上で有効な手段であることを示す。

5. 湾内に形成された砂嘴地形の特性

筆者らは、湾内や海峡部および湖内に形成された砂嘴地形の特性を、地形図とそれから得られる断面形状図を用いて分析した¹¹⁾。ここでは、その1例として富山湾の下新川海岸(生地鼻砂嘴)を対象とし、規模の大きな砂嘴地形の特性を明らかにする。

下新川海岸の地形図を図-17に示す。図の基準面はT. P. ± 0 mにある。下新川海岸は富山湾に面しており、黒部川の扇状地として形成されてきた¹²⁾。この海岸では主として冬の季節風により発達した風浪が作用する。富山湾の湾口の向きと、この海岸の地形特性から沿岸漂砂の方向は西向きである。黒部川の流路は過去においては様々な位置にあったが、江戸時代の1828年頃には現在の流路にほぼ固定された。したがって現河口より東側では海岸への河川流出土砂の寄与はほとんどなくなった。また1952年以後、海岸の東端には宮崎漁港が建設され、宮崎漁港以東の海岸から西側への沿岸漂砂の供給が途絶えた。この結果、宮崎漁港の西側では激しい侵食が生じた。図-17によると、この海岸の等高線は扇頂にある愛本を中心として10m以上はほぼ同心円状となっている。さらに5mの等高線もほぼ同心円状に近い。ところがそれより低い標高については、測線Na6より西側では海側へ突き出ている。また、-100mの等深線は、陸上部の10mの等高線などと同様にほぼ同心円状である。しかし、-10、-20mの等深線については、測線Na7～Na10では等深線間隔が広く、逆に

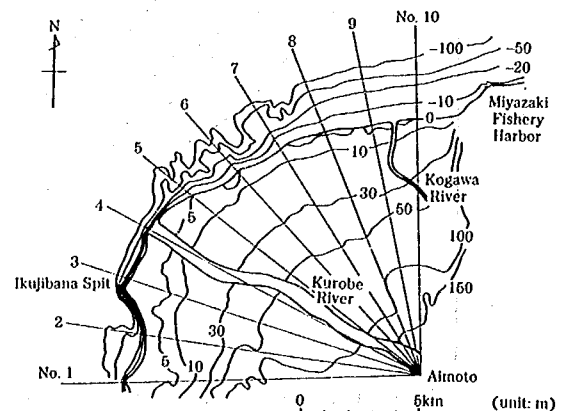


図-17 富山湾に位置する下新川海岸(生地鼻砂嘴)の地形

それより西側では非常に狭くなっている。すなわち、Na 7～Na10では海面下に緩斜面が存在し、またNa 3付近では陸上部に平坦な低地があり、海面下は非常に急勾配である。このことは、実験室と湖内に形成された砂嘴地形(図-2, 12)の侵食域と堆積域の特性と同一であり、Na 7～Na10の地形は侵食されてできた地形、Na 3付近の地形は土砂が堆積してできた地形であることが分かる。

次に、断面形状の重ね合わせを試みた。これには中立的断面を選択する必要がある。図-17において、等高線や等深線の間隔などから判断すると、侵食域はほぼNa 6より東側に、また堆積域はこれより西側に位置している。これらのことから中立断面としては測線Na 6を選ぶことができる。侵食域では海面下の移動限界水深より深い部分では地形変化がほとんどないことを利用し、深い部分の地形形状がNa 6の断面形と重なるよう各測線の断面形を岸沖方向に移動する。ただし沖合の地形はほぼ同一であると仮定する。結果を図-18に示

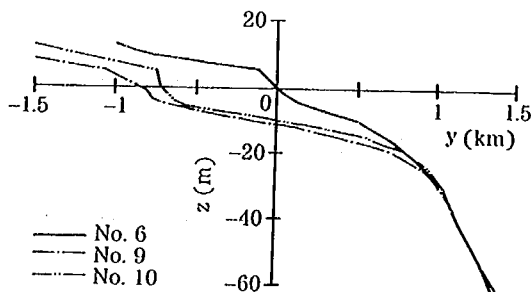


図-18 侵食域の断面形状の重ね合わせ

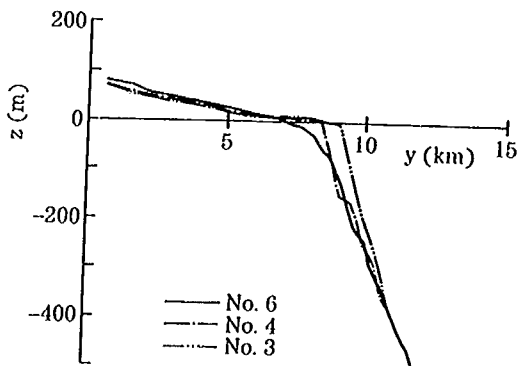


図-19 堆積域の断面形状の重ね合わせ

す。正確な移動限界水深を定めることは困難であるが、約-25mより浅い部分にのみ変形がみられる。Na 6の汀線位置と他の測線の汀線位置との差は、汀線の最大可能変化量を表わす。この推定汀線変化量は相当大きく、例えばNa 9では約860mに及ぶ。同様に堆積域において重ね合わせを行うと図-19となる。この場合、陸上部の波の到達しない部分と、海面下で土砂の堆積が見られない部分の断面形はほぼ一致するという仮定のもとに重ね合わせを行った。砂嘴が突出している測線Na 3では、中立断面と考えたNa 6の断面形状とほぼ等しくなるのは、-400m以深である。すなわち、土砂は汀線付近から-400mの範囲に堆積し、侵食域と比較するとかなり深いところまで地形変化が生じたことがわかる。事実、砂嘴の先端の生地鼻周辺で行われた現地調査によると、砂礫が深海へと落ち込んでいる¹³⁾。これは堆積域においてはかなり深いところまで地形変化が生じることを良く裏付けている。

6. 考 察

砂嘴地形の相似性について考察するため、湾内および湖内、模型実験で得られた砂嘴地形のスケールの比較を試みた。まず、水平方向のスケールの比較を行う。代表スケールとして侵食域の汀線変化量を選ぶ。各々の最大汀線変化量は実験で0.45m、親沢鼻で5.0m、下新川海岸で860mであり、実験を1とすると約1:10:2000(水平スケール比)となる。次に、鉛直方向の代表スケールとしては卓越波浪の波高と移動限界水深を選ぶ。まず実験での入射波高は3cmである。親沢鼻の入射波高は約10cmであり、また下新川海岸でのエネルギー平均波の波高は約1mのオーダーである。これらより実験値を1として代表波高の比を求めると、約1:3:30(波高比)となる。同様に侵食域で顕著な地形変化が見られる限界の水深を実験、親沢鼻、下新川海岸の順に求めると、約0.08m(図-13, Na 2), 約0.4m(図-6, Na 9), 約25m(図-18)であり、これらの比は約1:5:300(移動限界水深比)となる。波高比と移動限界水深比は、鉛直方向のスケール比であるから、オーダー的に等しくなるはずである。しかし、移動限界水深には底質粒径や周期の効果も影響しているから、若干オーダーが異なり移動限界水深比の方が大きな値となっている。また、鉛直方向の代表スケールと考えた波高比も移動限界水深比も水平スケール比と比較すると縮率がずっと小さいことが分かる。

結局とて、幾何学的縮尺の見地から見るとかなり

大きい差違がある。以上に述べた種々の代表スケールの縮率の差違については、漂砂現象の相似測が確立していないため、定量的な分析を行うことはできないのが現状である。しかし、スケールが大きく異なっている、砂嘴地形の断面形状特性や変形過程が、定性的に同一であることは重要であると考えられる。

7. あとがき

侵食の著しい海岸では侵食対策の立案のために深淺測量等が繰り返して行われている。しかし、砂嘴周辺の海岸では、長年月の間に既に著しい地形変化が生じてしまい、比較的安定な形状へと近づいている。したがって例えば数年のオーダーで、局所的に高密度な測量を繰り返しても有効なデータを得ることはできず、むしろ測量誤差のみが目立つことになる。すなわち、海岸全体の地形特性を調べずに局所的現象のみに着目すると、海浜の長期的地形変化傾向を誤って解釈する危険性があることになる。

本研究では、砂嘴地形の特性と変形過程を把握する方法として海浜断面形状の重ね合わせ手法を提案し、湾内や湖内および実験室に形成された砂嘴地形を解析した。その結果、スケールが大きく異なるにもかかわらず、それらの地形特性と変形過程が良く似ていることが明らかになった。このことは、実海岸で大規模な現地調査を行わなくても、湖浜調査や模型実験により、現地海岸の侵食現象の把握やその対策の検討ができることを示している。今後は、この考えに基づきデータを追加して定量的な見地より解析を進めていきたいと考えている。

参 考 文 献

- 1) 宇多高明：わが国の海岸侵食の現状とその問題点，地理，Vol.35, No.6, pp.34~43, 1990.
- 2) Uda, T. and T. Takeuchi : An analysis of beach erosion in Suruga Coast, Coastal Eng. in Japan, Vol.28, pp.161~172, 1985.
- 3) Johnson, D.W. : Shore processes and shoreline development, Wiley, New York, 584p., 1919.
- 4) Saville, T. : Sand transfer, beach control, and inlet improvements, Fire Island inlet to Jones Beach, New York, Proc. 7th Coastal Eng. Conf., ASCE, pp.785~807, 1961.
- 5) Zenkovich, V.P. : Processes of Coastal Development, Oliver & Boyd, Edinburgh, 738p., 1967.
- 6) King, C.A.M. and W.W. McCullagh : A simulation model of a complex recurved spit, J. Geol., Vol.79, pp.22~37, 1971.
- 7) 宇多高明・山本幸次：湖および湾内に発達する砂嘴地形の変形特性，地形，第7巻，第1号，pp.1~22, 1986.
- 8) 宇多高明・山本幸次：瀬沼北岸，親沢鼻砂嘴の1983年~1988年における変形特性，第10巻，第3号，pp.209~217, 1989.
- 9) Uda, T. and H. Saito : Beach erosion on the Ogawarako Coast and prediction of shoreline evolution, COASTAL SEDIMENTS '87, Vol.1, pp.484~499, 1987.
- 10) 宇多高明・赤穂俊作・今井武雄：霞ヶ浦における風波による湖浜変形の実態，土木学会論文集，第381号，II-7, pp.161~170, 1987.
- 11) 宇多高明・山本幸次：砂嘴地形の形成過程—現地観測と模型実験—，地形，第9巻，第4号，pp.295~307, 1988.
- 12) 貝塚爽平：日本の地形，岩波新書，234p, 1977.
- 13) 宇多高明・小俣 篤・堤 博志・吉村敏明：深海への土砂流出実態の現地調査，第33回海岸工学講演会論文集，pp.277~281, 1986.

平成2年11月2日 原稿受理

地震による間接的な経済被害に関する研究

土木研究所報告
第186号-1 1991年12月

川島一彦, 杉田秀樹, 加納尚史

要旨

地震が社会に与える影響は、従来、主として施設や構造物の被害額として計上されてきたが、地震の影響はこのような施設・構造物の直接被害にとどまらず、もっと広い範囲にわたって社会に影響を与える。

本報告は、地震による影響を広い立場からとらえることを目的に、地震が地域の経済に与える影響に着目し、二次的な生産の波及も考慮した経済的な影響の解析方法を提案するとともに、過去に生じた2つの地震に対する適用結果を示すものである。

地震による生産性の低下を整理すると、一般には、産業基盤の損失、運輸基盤の損失、製品・半製品・原材料の損失、の3者によってもたらされる。このため、こうした要因によって直接的に生じる生産性低下（第一次生産減少）と、さらに、第一次生産減少が波及することによって生じる二次的な生産減少を、産業連関分析により解析する。本解析手法を、昭和58年日本海中部地震により被害を受けた秋田県および昭和53年宮城県沖地震により被害を受けた宮城県に適用し、波及効果を含む両県の経済的な損害を算定した。この結果、地震による生産減少額は、生産額ベースでみると、秋田県では3,627億円、宮城県では4,165億円となり、これはそれぞれ秋田県および宮城県内に生じた直接被害額の2.45倍、1.55倍に相当する大きな影響であることが明らかにされた。

キーワード：地震、経済影響、日本海中部地震、宮城県沖地震、間接被害、2次影響

湖内および湾内に発達する砂嘴地形の変形特性

土木研究所報告
第186号-2 1991年12月

宇多高明, 山本幸次

要旨

湖沼、水理模型実験、現地海岸のデータを基に砂嘴地形の変形特性について論じた。まず、茨城県東部にある湖沼の中に発達している親沢砂嘴を対象として現地観測を行った。観測によれば、①砂嘴周りの侵食域では陸上部に急勾配斜面が、水面上に緩勾配斜面が形成されること、一方、堆積域では陸上部に平坦面が、水面上に急勾配斜面が形成されること、②侵食域と堆積域との境界では顕著な地形変化は生じないこと、さらに、③湖沼が侵食される場合、陸上部の急勾配斜面はほぼ平行移動しつつ後退し、また、堆積域の水面上に形成される急勾配斜面もほぼ平行移動することが見出された。次に、砂嘴の形成機構を詳細に調べるために、移動床模型実験を行い、上述の地形特性が実験的に再現されることを示した。また、実験によれば、①侵食域においては、移動限界水深以深では地形変化は生じることなく、同様に波の作用の及ばない浜岸上部には初期地形が残されること、②堆積域の波の打ち上がり高さ以上高では初期地形が残され、土砂が落ち込む水深以深では地形変化が生じないことが見出された。上述の砂嘴周りの地形特性は、海浜地形変化に関する時間、空間の置換の可能性を強く示唆する。そこで本論文では、海浜断面形の経時の変化を空間的变化に置換することにより、海浜断面形の変化特性を調べることができる断面形状の重ね合わせ手法を新たに提案した。また、この手法により親沢砂嘴と実験的に得られた砂嘴地形を解析した。この結果、断面形状の重ね合わせ手法によって推定された沿岸漂砂の移動高と、洋上測量データを直接比較することによって得られた移動高とが良好な対応を示すことが分かった。さらに、海浜断面形状の重ね合わせ手法を富山湾内にある下新川海岸の地形特性の分析に応用した。これによると、湖内および実験室で形成された砂嘴地形が持つ地形特性と同様の特性が現地海岸でも見られた。最後に、実験室の砂嘴、湖沼内親沢砂嘴および下新川海岸を代表する長さのスケールの比較を行った。汀線変化量を水平スケールとしてその比を取ると、実験室、親沢砂嘴、下新川海岸の順に、約1:10:2000となった。また、侵食域における移動限界水深と平均的な入射波高を鉛直方向の代表スケールとして選ぶと、同様な比は、約1:5:300および約1:3:30となった。このように代表的な長さのスケールに関する相似則は成立していないものの、実海岸に比較してはるかに小規模な水理模型実験によっても砂嘴地形周りの地形特性やその変形特性が定性的意味で再現可能であることが分かった。このことは大スケールを持つ現地海岸の現象を湖内や小規模な水理実験によっても調べられることを意味する。

キーワード：砂嘴地形、海浜断面形、侵食・堆積特性、移動限界水深、湖沼、水理模型実験、下新川海岸、縮率。

**Evaluation of Economical Indirect Damage Caused
by Earthquakes**

Report of PWRI
Vol. 186-1 Dec. 1991

by Kazuhiko KAWASHIMA
Hideki SUGITA
Takashi KANOII

Synopsis

Effects of an earthquake are not necessarily restricted to damage of structures, but extend much further. This report presents a method for estimating indirect economical effects caused by an earthquake. Loss of production may be caused by a decrease of products due to damage of producing facilities, damage of transportation facilities, and damage of materials and goods. Economical impact of investment for restoration on regional economy has to be also considered. Based on direct loss associated with the damage to production, a secondary "propagating" effect was estimated through an inter-industry relation analysis. The procedure was applied to the Nihon-kai-chubu earthquake of 1983 and the Miyagi-ken-oki earthquake of 1978. It was found from the analysis that the decrease of products including the second propagating effects is about 362.7 billion yen in the Akita-ken and 416.5 billion yen in the Miyagi-ken. The decrease of products corresponds to 2.45 and 1.55 times of the respective direct damages in the Akita-ken and the Miyagi-ken, respectively.

Key words: Earthquake, Economical Effects, Nihon-kai-chubu Earthquake, Miyagi-ken-oki Earthquake, Indirect Damage, Second Effect

Spit Formation in Lake and Bay

Report of PWRI
Vol. 186-2 Dec. 1991

by Takaaki UDA
Koji YAMAMOTO

Synopsis

Field investigations on beach topography and breaker height distributions around Oyazawabana Spit in Lake Hinuma in Ibaraki Prefecture were carried out in order to investigate the formation process of a sand spit in a lake and bay. Results of the beach survey show that the beach is eroded gradually on the east side of the spit where predominant wind waves are incident, a plane bottom cut by waves is formed in shallow water region, and the foreshore slope becomes steep. On the west side of the spit the beach is accreted keeping the berm height almost constant and the offshore beach slope becomes steep due to the falling of sediment into a deeper location.

A movable bed experiment on the change of the spit configuration was conducted. In the experiment, beach topography, breaker height and breaker angle were measured. The characteristic topographic changes due to beach erosion occurring in front of the spit and accretion behind it agree well with those observed around Oyazawabana Spit. The distributions of the breaker angle and the breaker height around the model spit also correspond to the results obtained in Lake Hinuma.

In order to show that such beach changes occurred in the laboratory experiment and in Lake Hinuma exist on the real open coast with much larger spatial scale, field data were collected from the Shimonikawa Coast in Toyama Bay and the shape of the contour lines was examined. Three sets of data qualitatively agree well on the characteristic beach topography of the spit. The relative scale ratios of the change in shoreline position and the critical depth for sand movement became 1:10:2000 and 1:5:300, respectively, although dynamic similitude condition was not satisfied. Nevertheless these results elucidate that beach changes of a large-scale spit on the real coast can be examined in the beach changes of the spit in a rather small-scale experiment or in a lake.

Key words: Sand spit, Beach profiles, Erosion, Accretion, Critical depth for sand movement, Lake Hinuma, Laboratory experiment, Shimonikawa Coast, Scale ratio.

土木研究所報告第186号

平成3年12月25日発行

発行 建設省土木研究所
〒305 茨城県つくば市大字旭1番地
電話 0298 (64) 2211

印刷 株式会社東神堂
東京都千代田区神田司町2-14
電話 03 (3252) 7611

本研究报告より転載又は複製する場合は、前もって
建設省土木研究所企画部情報資料課に連絡のうえ、
許可を得てください。

Report
of
Public Works Research Institute
Ministry of Construction

Vol. 186, December 1991

CONTENTS

1. Evaluation of Economical Indirect Damage		
Caused by Earthquakes	Kazuhiko KAWASHIMA Hideki SUGITA Takashi KANOI	1
2. Spit Formation in Lake and Bay	Takaaki UDA Koji YAMAMOTO	59
