

道路輸送に関する調査開発計画

米 国 通 産 省 公 共 道 路 局

昭 和 4 4 年 1 2 月

建 設 省 土 木 研 究 所

訳 者 道 路 研 究 室 藤 田 大 二

柴 田 正 雄

米 国 通 産 省 公 共 道 路 局

1965 7.20

Elbert F. Baker

調 査 開 発 事 務 所 長

この文書は、道路輸送に関する調査開発の新しい国家プログラムであり、その内容は総合的な協同作業を要する国家的に緊急な問題に関するものである。

建設計画のどれに対して連邦補助を行なうべきかは重要な問題であるが、このプログラムは連邦補助による建設のシステムにも取り入れられるものである。

道路輸送に関する調査開発計画

はじめに

道路の分野で緊急を要する調査開発のために集中的に協同作業を行ない、速やかに解決するためには国家的なプログラムが必要である。

このプログラムは連邦補助による建設計画と同じく柔軟性を持っており、新規事業についてもその重要性が明らかであれば取り入れることが可能であり、独自の重要性を持つ地方的問題にも対処できるものである。以下に略記するプログラムは基本的な目標しか記されていないが道路局の局員はもとより道路の計画、建設、運用に携る人々、まで道路輸送の将来に関心のある人々はこのプログラムに協力していただきたい。

Rex M. Whitter

連邦道路管理局長

概 要

道路輸送に関しては系統的に全体で対処すべき問題が常に存在する。次の3つの問題は輸送の効率化、国家或は地域の社会的、経済的成長のために最重要であり、他に優先するものである。

1. 道路安全
2. 都市輸送
3. 建設維持費の低減

このプログラムは当面の問題にも長期の問題にも重点を置くように仕組まれており、当面の道路技術問題に対する解決に焦点が合わされているが、道路輸送システムの設計運用に必要な基本的な事項の理論的解析も考慮している。

国家プログラムの目標として7つの計画目標に重点がおかれ、そのうち3つは理論的調査を要し、その他は応用調査開発である。この7つの目標の達成のために輸送問題を検討した結果28の大課題が提起された。

これらの課題の目的、見通しを次に述べるが、ここに記すものは必要な調査開発の全てを尽くしてはならず、特定の目的または事業計画に従がつて他の課題が追加されることもあり、常に再検討され修正されるべきものである。このプログラムは道路輸送にからんだ研究者のみでなく設計、運用、維持にあたる人の必要に応えるものである。

課題の選択の基準と目的、見通しが以下に示されている。この目的は増大する輸送需要に応える手段として必要な科学的技術的資源を生み出すような協同的計画を開発することであり、終局的な目標は現代科学技術を駆使して輸送の利用効率を良くし、社会の成長に見合つてその能力を増大する手法を探究することにある。

道路輸送に関する調査開発の国家プログラム

道路輸送は社会の必要に効率的に応じるためか異常に伸びてきている。その社会、経済に与える影響は語り尽くされているが、なお設計運用の複雑さ、費用、社会に与える副次的影響の増大などの問題を投げかけており、将来社会の輸送問題として政府も多大の関心を持つに至つた。

この国家プログラムの全体目的は道路技術の生産性を増し、国家目標を成し遂げる輸送システムを作るのに必要な知識、手法、材料を探究することにある。

このプログラムは道路輸送に関して3つの至上課題を持つている。これらは道路の利用者、建設者相互に関連を持つものである。

1. 道路安全

道路の安全性の向上は経済的にも、社会的にも至上命令である。このためには運転者の教育もあるが運転者を助ける技術的改良が必要である。出入制御された道路はその最も良い例

であるが既存の道路で同様の効果を望むにはさらに基礎的な開発研究が必要である。道路、車輛に設置する通信、制御機器がその手段となる。

2. 都市輸送

都市交通は道路輸送の集中的増大のための遅れ、事故、汚染の問題を生じている。

都市高速道路は効率を基本として建設されるので、非常に高くつき、社会的にも美的にも多くの問題を生ずる。この解決のためには既存道路の効率的利用、新設高速道路網の最適化、能率的大量輸送機関による集中を図る必要がある。都市問題の解決には或る面では理論的解決も可能であるが、都市交通需要に応える実用的技術を開発する必要がある。

3. 建設維持費の低減

道路の建設維持費は州予算の半分にあたる程大きいのが、道路は社会、経済のために存するのであるからその費用は直接間接を問わず最少限に止めるべきである。

このためには構造設計、建設施工、維持運用に関して役に立つ発明開発を要する。価格が安く、長持ちする材料、過大設計を防ぐ合理的な設計手法が必要であり、過少設計による維持費をなくし、道路技術を簡明にすること、また建設維持における省力、工程の単純化が必要である。

3大課題に対応する調査開発計画

この計画は道路輸送の3大課題に対して、現代科学技術を適用できるようにするのが目的である。このためには3つの段階が必要である。

第1は役に立つ解を見出すために必要な知識の何たるかを知ること。そして既存の利用可能な知識を検討し、新しい手法、機器を可能な限り早く開発する方法の見通しを立てることである。このためには計画は問題の性質をより良く理解することと、進展する状況に対処すべき新手法を開発することに分れる。

第2は集中的に調査開発を行なうべき課題を知ること、最も早く、最大の利益を得るために7つの重要事項が考慮される。この7つの事項は調査開発計画の主たる目標を示すもので図-1によつて示される。

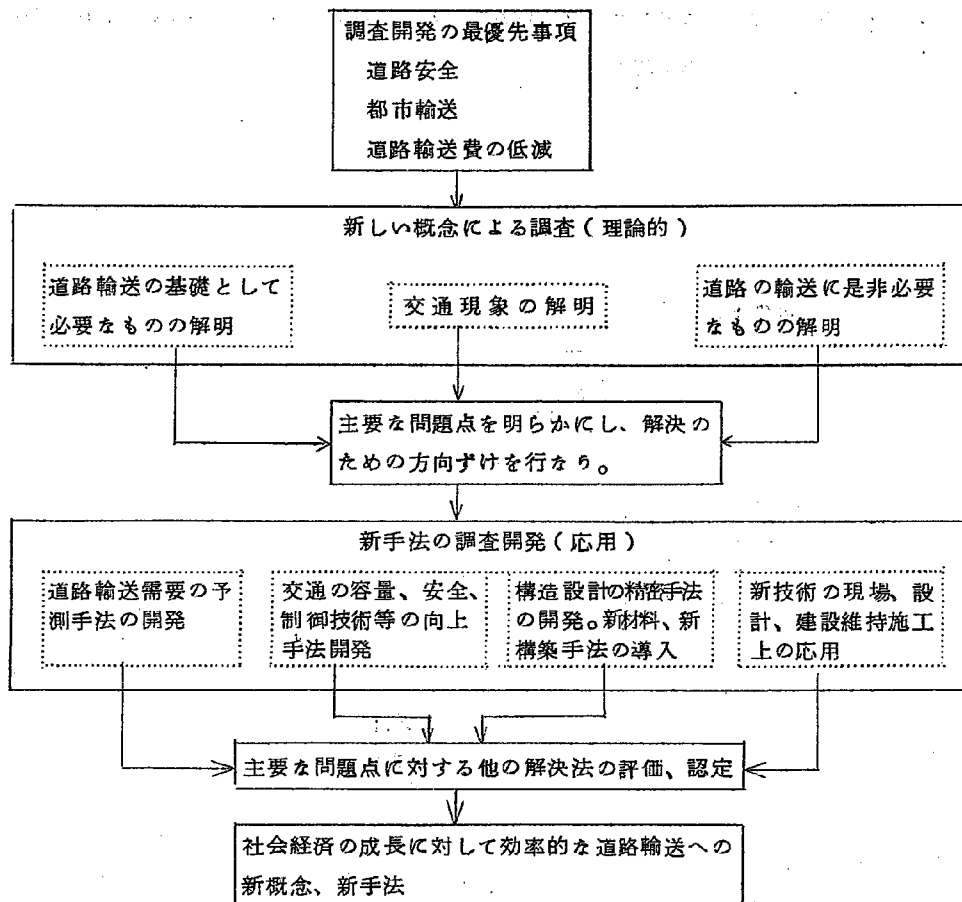
新概念による調査(理論的)

1. 道路輸送の基礎として必要なものを明らかにすること。
2. 複雑な交通の動きを解明すること。
3. 道路輸送に是非必要なものを明らかにすること。

新手法の調査開発(応用)

4. 道路輸送需要予測の信頼度の高い手法の開発

図 - 1



5. 交通の容量、安全性、制御技術等を向上する手法の開発
6. 構造設計におけるより精密な設計手法の開発、新しい材料、構築手法の導入
7. 新技術の現場、設計、建設維持施工への応用

第3にはこれらの目標を達しうる企画、選び出し策定することである。

28の重要調査開発課題は次節に述べる基準によつて選ばれたものである。

課題選定の基準

課題の確立にあつては次の5つの基準を用いた。

1. 課題の重要性 （道路輸送に対する。）
2. 得られる利益 利益の評価は政府、利用者の双方について考えること。
3. 成功の可能性 すべての企画が成功確実ではないがこのプログラムで選んだ課題はその確率の高いものである。

4. 結果の有用性 容易に、技術基準、仕様、現場での実用が可能であること。
5. 課題の独特性 このプログラム以外にその課題は取上げられていないか。研究の重複を防ぐ。

I 新概念による調査（理論的）→道路輸送システム設計に対する原測と将来の役割（図-2）

道路輸送に必要な事項の解明

目 的 道路輸送の基礎的必要事項を解明すること

交通需要の予測、道路投資の効果予測等は現在困難であるが、この原因の1つは代替する輸送システムとの比較手法がないことによつており、輸送機関を利用する際の社会的、経済的に基礎的な要素を確明する必要がある。このために3つの課題が確立された。

1. 輸送機関の選択の基礎となる要素の解明

目 的：各個人の輸送機関の選択基準、その尺度、選択の予測等

見通し：選択の際に考慮する事項、各機関の快適性、利用し易さ、費用等輸送関係の利用予測、改善等のために不可欠である

2. 都市輸送の効率に関する経済モデルの開発

目 的：現在の経済構造を輸送との相互関係を表わすモデルを同合する。同時に輸送需要、費用等のサブモデルが必要になる

見通し：輸送と経済の相互関係の測定を行なうために経済の動きを表わす適当な数学モデルが必要である。

3. 輸送の機能の解明

目 的：移動の必要性その制限の必要性がどのような機能で定まるかを解析的に明らかにする。

見通し：輸送システムの設計、評価の合理的な基準として空間の移動に関する一般的理論が必要である。完全に解析的に輸送機構を設計するためには、必要な物理的機能、物理的、環境的制限に関する理論的枠組みが必要である。与えられた条件と物理的機能とある要求とを合致させるシステムを決定する一般的理論を開発することが目的

道路輸送システムの解析

目 的：交通の複雑な動きを解析的に明らかにすること

交通流、交通網の性質が道路輸送効率、利用効率に大きく影響する。

1. 交通流

目 的：動く物件全体に対する交通流の性質を解析的に分解して要素をとり出す。

見通し：交通の安全、効率は相上の作用と自動車自体の機械的性質による。この機構を解明することが交通の安全、効率を改善するために必要である。

2. 道路網の交通流

目的：全体の移動システムに対する交通流の性質の解明

見通し：集中した都市では交通は街路網に乗る。現在の交通の調査は区間毎に行なわれているが、ある区間の交通流は他の部分と相互作用を持つ。人間、車の性質により街路網の解析は困難であるが、最終目的は都市交通の性質を理解し、交通技術を向上するための基礎とすることにある。

道路の構成要素の設計

目的：道路輸送システムの構成要素の設計手法の改善

建設の迅速性、耐久性、効率の改善のために現在の建設材料以外への可能性を考える。また構成要素の組合せに関する原則がないため道路設計建設の手順が最適化されていない。

1. 材料の性質、挙動

目的：技術的な性質を決める材料の組成、物理的構造を定める。現下の経験的な関係では物質構造の性質を正確に予測できない。最終的には建設技術、試験法、仕様等は基礎的な性質によることができる。

見通し：電子顕微鏡、X線分析、アイソトープ追跡等の道具の発達により物質の性質を知る手法は進歩している。主要課題は自然にある材料で経済的、大量に道路に使用できる材料を見出すこと。

研究すべき主な項目は次の4つである。

- a 材料の基本的な組成、構造と技術的特性との関連
- b 材料間の一般的な相互作用
- c 材料に対する外部環境の影響
- d 材料の性質改善の処理の反応とその機構

2. 構造物における動的応力

目的：道路舗装、構造物中の非線形的、非弾性的要素が動的応力に及ぼす影響、路面形状と車の懸架システムとの動的荷重に及ぼす影響に対する数式、数値的シミュレーション技術の開発

見通し：今日の道路橋の設計は実験と線形、弾性力学的解析結果とに基づき経験的手法で動的影響を捕えている。これらの手法は改善されているが、

- (1) 舗装における非線形性、粘性力学的考慮、橋脚におけるエネルギー吸収
- (2) 車輛荷重の確率的性質等の重要な面を取り扱っていない。これらの諸要素の影響を

知り、動的応力の統計的性質を設計に生かすことがこの課題の目的である。

この課題は、橋梁、舗装の需命予測、撓み性舗装の合理的設計、舗装平滑性、ハンドル操作の問題等の多数の応力調査と関連を持つ。

3. 運転操作

目的： 運転者が他の車輛、道路との関連で走行を行なう課程、運転動作における情報処理、判断の課程、運転者が車輛の時間的、空間的位置を制御する機構を明らかにする。

見通し： 運転する人間を道路輸送体系の一環として考えるときはその人の感覚と車輛の能力の制約を知る必要がある。安全と効果的運用のためにはこれらの要素を道路および車輛の設計に考えておかないと運転者がハンドル操作機構を十分に使えなかつたり、速度制御ができなかつたりして運転能力に重大な支障をきたす。これは道路事故に対して重要な要素と考えられ、交通流の運用効率或は道路輸送の安全性を向上するために運転操作の解析は不可欠である。

4. 構造物の近くの河床の安定性

目的： 橋脚のような障害物が沖積層の河床にあると必ずその廻りの物質を動かす力を生じ、洪水作用がおこるとその穴は深くなる。これを局部洗掘と呼ぶ、設計の際にこの最大深さを予測し、岩盤に基礎を置くことが経済的に可能でないとフーチングが洗掘され崩壊を招く。Big Siewa 川の道路橋で2年前に実際にあつたことである。模型実験によつて洗掘の深さ、広さに影響する要素はかなりわかっているが、実際の構造物に対する洗掘の深さを求める確かな方法はまだない。この調査では、洗掘の機構を解析的実験的に解明し洗掘の予測手法の開発、現場の観測と理論展開との相関の計測、河床における橋脚等の設計に使える洗掘の深さ、広さを計算する実用手法を開発する。

5. 交番応力のかかる舗装の構成物質の挙動

目的： 瀝青コンクリート、安定処理した土壌、自然土壌等の交番応力に対する反応などの種々の応力変化状態における舗装の構成物質の流動、破砕等の挙動を解析的に明らかにする。

見通し： 撓み性舗装の合理的設計のためにはこれらの知識が必要である。解析的分野では応力解析に利用できる。弾性、粘弾性、塑性物質の概念模型を見出すこと、実験的分野では、通常の構成物質におけるこれらの性質の計測を行なつてその性質が建設技術と外部環境でどう変えられるかを知ることが必要である。

Ⅱ 新手法の調査開発（応用）—主要課題に対する他の解決手法の開発、評価（図→3参照）

応用調査開発は、道路建設管理の実際問題を実用的な期間内に解決すべきものである。これらの課題を選択し、利益の大きさに応じて優先順位をつける必要がある。利益は建設費、管理費、維持費の節減、利用者の利益、一般社会全体の利益等があげられる。その利益の合計は意義のある課題を選べば調査開発プログラムの費用に数倍する筈である。

このプログラムのための組織は2、3年内に高度の利益を得られる、技術的課題を解決するように緊密に組織される必要がある。輸送の機能を考えると次のように大別される。第1に道路に関する制約条件は満たさるべき需要である。第2に道路網の基本的目的は人、物がある場所から他の場所に移動させることにある。即ち交通流である。第3に舗装、橋梁等の構造物は荷重や気候に耐える構造的適性を有する必要がある。最後に技術の進歩に遅れないために常に技術の生産性に注意する必要がある。

1. 社会経済的需要：道路輸送の需要の予測手法の開発、輸送の需要、供給を起こす要因の解明
 2. 交通流：道路の幾向学的設計、車輛の構造、運転者の能力を考慮した交通の容量、安全性、制御技術を向上する手法の開発
 3. 構造的適性：舗装、路盤、橋梁、排水施設等の最適設計技術の開発を行ない最適仕様を得る手法の開発、新旧の道路建設材料を調査して道路構造物の経済性、耐久性を向上することも含む
 4. 技術の生産性：新技術の開発および、現場、設計、建設、維持への応用、
- 応用調査開発をこのように分類することにより、(a)研究目的がその効果と容易に結びつく、(b)課題の優先順位の比較が容易になる、(c)得られる利益は前2者は利用者に関するもの、後2者は政府に関するものとに分けられる、などの利点がある。

道路輸送の社会経済的需要

目的：道路輸送需要の正確な予測手法の開発

道路、道路網の位置選定設計のためにはこの需要と輸送能力との間の必要条件、相互作用を正確に知る手法を開発する必要があり、また、道路施設を適切に計画、評価するためには、道路の社会経済的影響を予測する、より完全な技術が必要である。このために輸送システム設計の3段階の調査が必要であり、その1は社会的、経済的利益と利用者に対する費用、その2は道路投資の地域社会に及ぼす経済的影響、その3は道路利用に対する社会学的、人口学的決定要因である。

1. 道路輸送利用者に対する経済的影響

目的： 利用者が径路を選択するときに使う基準を求め、輸送の経済性と関連づける。

見通し： 利用者がうける全体の道路からうける満足感と走行コストは道路の設計計画の経済的効率を決めるのに是非必要である。これは道路施設そのものの性質にもよるが利用者とその人の価値観にもよる。この研究により利用者の利用機構に対する諸要因を測定し、それを金額表示する手段となる。道路改良の目に見えない要因結果の間の関係を見出すことにより、費用便益解析の1つの解法が開発できる。

2. 道路投資の地域経済におよぼす影響

目的： 道路投資が地価、土地利用、産業活動に与える影響、道路改良の市場の広がりにもたらす影響を究明し、これらを予測する方法論を展開する。

見通し： 新設または改良がその地域だけでなく隣接地域の経済活動に与える影響は昔から道路輸送の大問題である。道路による全体の利益は道路関連の産業の損得と他の産業への連関の結果の両方で見るべきである。この研究により道路の土地利用、産業活動に与える結果を測定できるようになる。方法論、考慮すべき事項は経済構造、その地域の規模、種類により、また関連活動の輸送依存性による。

3. 都市輸送解析における基本的要因

目的： 都市輸送の要求を生起する要因を解明し、その迅速正確な予測手法を開発する。

見通し： 今日の都市道路需要の予測手法は輸送利用者と利用形態に関する大規模かつ複雑な資料蒐集を必要としており、極端に時間を要し、予測にかなりの誤差がある。この研究により現在の予測における仮定事項を明らかにし、計測すべき最少限の変数を決定して将来予測の信頼度を高める。

図-2

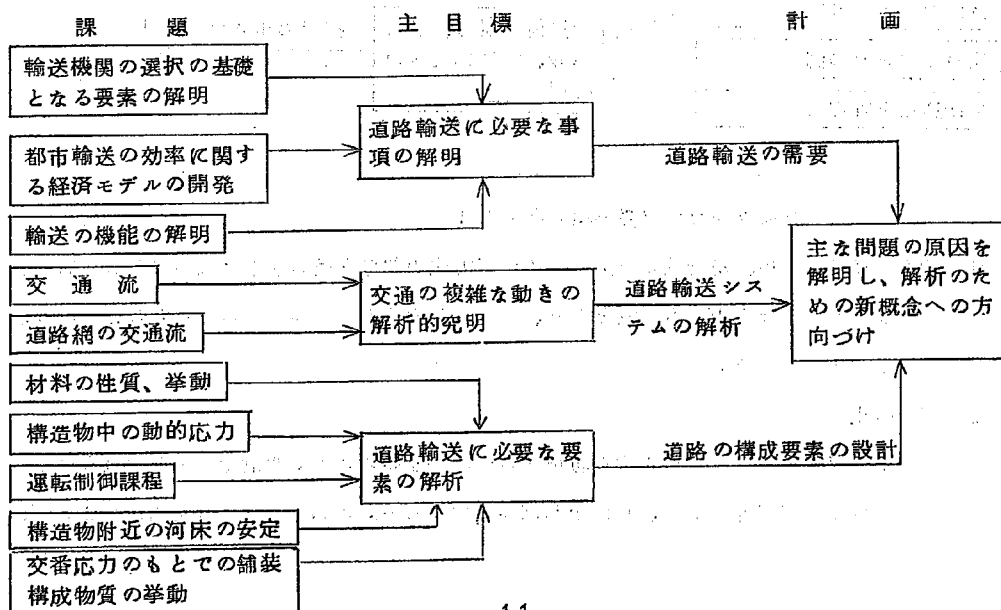
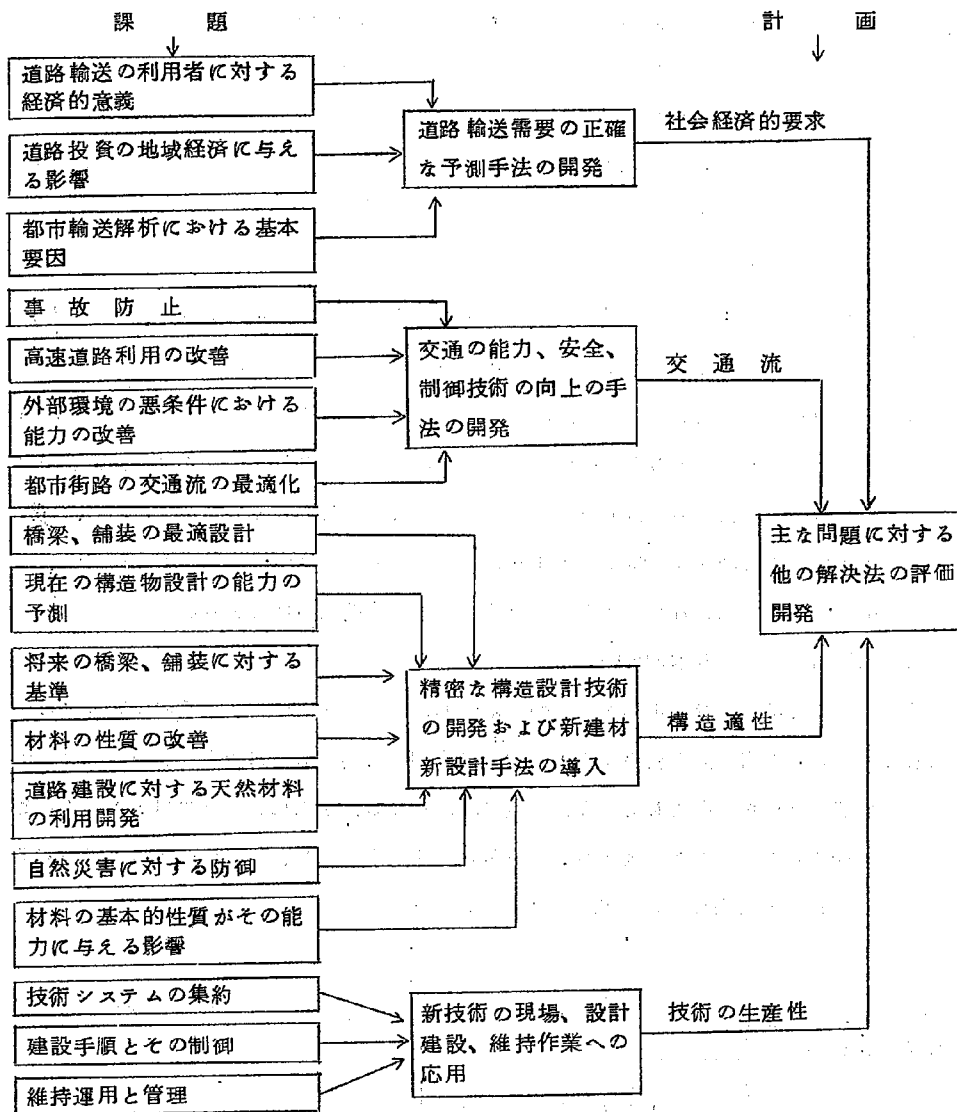


図 - 3



交通流面での必要事項 (図 - 5)

目的： 容量、管理、安全性の向上のための諸方法の開発交通の効率化は道路設計の第一目標である。運用上最も問題となり、また、その改良も可能であると思われる問題は以下の4つである。

1. 事故防止

目的： 以下に示す種類の事故を防止する解決法を得ること。事故全般の解決は今後5年間で不可能であり、目標をしぼる必要がある。この研究によつて事故の25%、

負傷者の35%、死者の50%を救えるであろう。

a) 追突および正面衝突

目的： 事故資料の収集、情報表示システムの設計と効果の評価

見通し： 4年以内に効果のあるシステムの開発されるであろう。

b) 都市間道路での事故

目的： 現在の半分の価格の防護柵の開発

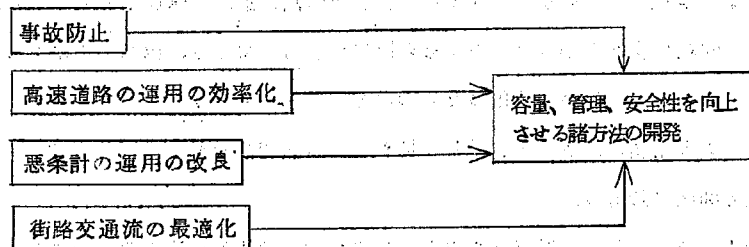
見通し： 防護柵の設置によつて全事故の60%に近い単独事故の被害がへる。問題点は最適設計と費用の低減である。

c) 都市交差点事故

目的： 運転者の認知負担と制御ミスとの関連を調べ、不確定さを最少にする表示と制御方法を開発する。

見通し： 都市内での自動車の事故の60%は交差点でおこる。その原因は大きな認知負担、決断のあいまいさ、速度認知の不正確さである。この面での研究の目的は交差点形状と運転者の反応限度と関連させて事故を動的に調べることであり、それによつて表示と制御方法の改良がなされる。

図-5



2. 高速道路の運用の効率化

目的： 以下の2点を通じての大容量高速道路の効率の向上。

a、幾何構造面での必要事項

目的： 高速交通流への影響を最少とする勾配、曲率、視距を決定する。

見通し： 道路の基本設計に含むべき最適諸値を定めるためにこの面での研究が必要である。

b、インターチェンジの効率化

目的： 本線交通容量を減少させない最適合流容量を決定し、両流の効率を最大にす

る。制御システムを開発する。

見通し：問題は交通量の多い場合に流入車が流入しうるギャップを見付けることにある。

3. 悪条件下での機能の向上

目的：以下2点の改良による安全性と効率の向上

a、夜間の視認性

目的：対向車の前照灯によるまぶしさの影響を調べ、それを最少にする夜間照明の形式を開発する

見通し：方向としては、偏光を利用したものを含む前照灯の改良と、同時に補助手段として道路照明を利用する方法がある。

b、摩さつに関する性質

目的：ころがりからすべりに移る過程を調べ、高い摩さつ抵抗を有する舗装および、運転者への警告によつてブレーキ操作の向上をはかる。

見通し：すべりに移る時のタイヤと道路の関係の解析、路面と排水の解析、すべりの制御と予想の研究が必要である。

4. 街路の交通流の最適化

目的：面制御、信号および標示装置、ルート指示方式の開発

見通し：単に現街路の有効化だけでなく、都市内高速道路の建設も必要である。最も大きな問題は交通の制御とそのための情報伝達方法であり、数種の方法がある。

構造物の合理化のための必要事項(図-6)

目的：より精密な設計法と、新しい材料、構造思想の開発

1. 橋梁と舗装の最適設計

目的：統一された設計基準を得るための設計思想と解析法の改良および材料の性質の解明と合理的な使用。

見通し：現在の設計は技術者の経験にたよつており、しつかりとした科学的解析によつていない。よつて、経験主義の排除、設計過程のシステム化が必要である。

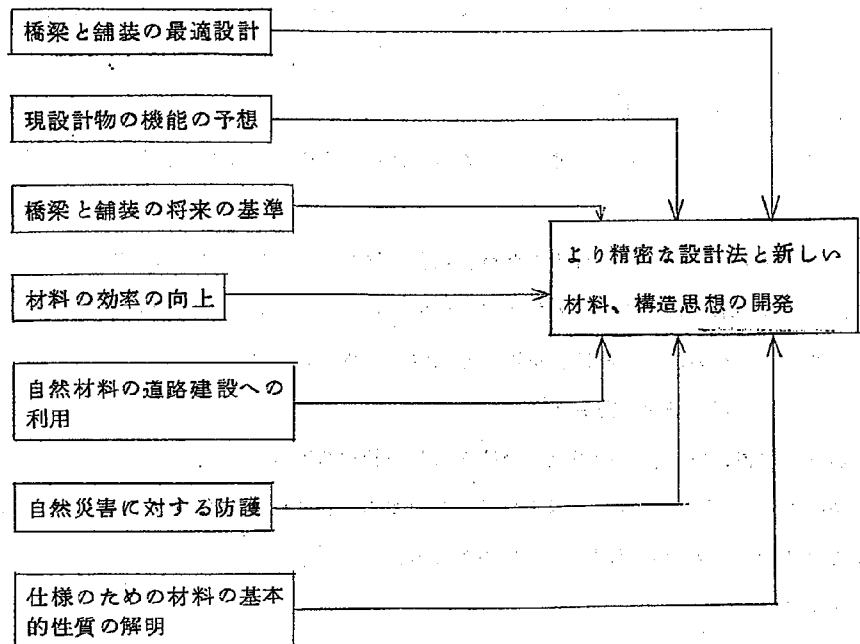
2. 現設計物の機能の予想

目的：既設の構造物が将来荷重条件が変つたりした場合を含めてどの程度まで機能を十分に発揮できるかを予想することが必要である。

見通し：荷重のスペクトルの定義とこのスペクトルのかかつた状態での構造物の挙動の2つの面からの研究が必要である。

図 - 6

構造物の合理化



3. 橋梁と舗装の将来の基準

目的： 車速が100マイル/時、車重が現在の倍となつた場合に構造物に生ずる問題点の解明

見通し： 道路荷重の変化は単なる現在の強度規定の単なる延長でなく、路面精度、動的挙動の点での革新が必要とされ、構造基準は新しい要求をつきつけられるであろう。

以上の3研究はすべて、現在考えられる新しい材料について行われなければならない。

4. 材料の効率の向上

目的： 材料の効率の向上、選択の簡略化、新材料の開察

見通し： 研究所や現地での設置による実験と共に他の分野よりの情報の入手によつて成果は倍化される。コンクリート床盤の耐年性、道路の新材料が主たる研究主題である。

5. 自然材料の道路建設への利用

目的： 低兼、低品度の材料の改良方法

見通し： 建設材の不足の重大性は広々に見落されている。土の安定化骨材の改良が中心となる。

6. 自然災害に対する防護

目 的： 自然災害に対するより効果的な防護手段の開発

見通し： 道路構造物の破壊は交通の杜絶によつて大きな経済的損害をきたす。費用の点で完全に防ぐことはできないが、より改善をはかることはできる。橋脚洗掘、都市道路の排水に対する研究が必要とされる。また、つり橋の耐風性に関する研究も必要である。

7. 仕様のための材料の基本的性質の解明

目 的： 経験的でなく基本的な性質に基づく道路材料の仕様、検査方法、設計基準を作る
こと

方 法： アスファルトは性質が複雑なため、現在経験的、間接的な検査方法によつて
いるが、より基本的な性質よりの解明が必要である。新しい材料の評価も基本的な性質
の追求より行い、その適性、不適性をはつきりさせなければならない。

生産性の研究（図-7）

目 的： 計画、設計、建設、維持過程における新しい技術の導入

道路建設は、多くの複雑な過程の組み合わせであり、これらを合理的に組み合わせる
ことによつて、人員と時間の有効化ができる。

1. 総合システム

目 的： 人と機械の仕事の合理的な分担を行うための道路建設の総合システムの開発

見通し： 電子計算機システムの有効化のために各過程の注意深い分析と積み重ねが必要であ
る。最終的には、道路設計の迅速化と建設管理の合理化をしうる総合システムの
開発が目的となる。

2. 建設の過程と管理

目 的： 道路建設の生産性を高め、費用の削減品質の管理をしうる建設過程の仕様および
管理の改良

見通し： 品質管理、検査法の開発が必要であり、新しい機材および工法に対する基準の開
発も必要である。

3. 維持管理

目 的： 道路維持の合理化のための方法と機材の開発

見通し： 維持は多くの多様な材料、機材を使用するため、これらと人員の適正な配置のた
めの仕事の分析が必要である。また、新しい機材の開発も必要である。

図-7（生産性の研究）

