自動走行技術に対応した冬期道路管理に関する研究

研究予算：運営費交付金
研究期間：令 2～令 6
担当チーム：寒地交通チーム
研究担当者：宗広一徳、中村直久、倉田和幸、
伊東靖彦、中村浩

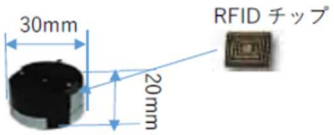
【要旨】
自動走行技術に対応した冬期道路管理を支える道路附属施設である自動運行補助施設（磁気マーカ等）について、埋設深さ等に応じた積雪時又は融雪時における磁気マーカの性能（磁束密度）の違いを苫小牧寒地試験道路で計測し、積雪寒冷地における磁気マーカの施工・維持管理上の課題を示し、磁気マーカ施工・維持管理ガイドラインに資する知見を得た。
キーワード：自動走行技術、自動運行補助施設、磁気マーカ、冬期道路管理

1. はじめに

令和 2 年度に自動車の自動的な運行を補助する道路附属施設として道路構造令第 31 条に磁気マーカや電磁誘導線等を含む自動運行補助施設が規定された。本研究の目的は、磁気マーカ（図－1）に着目し、自動走行に対応した冬期道路管理を提案し、磁気マーカ施工・維持管理ガイドライン（案）を提案することである。

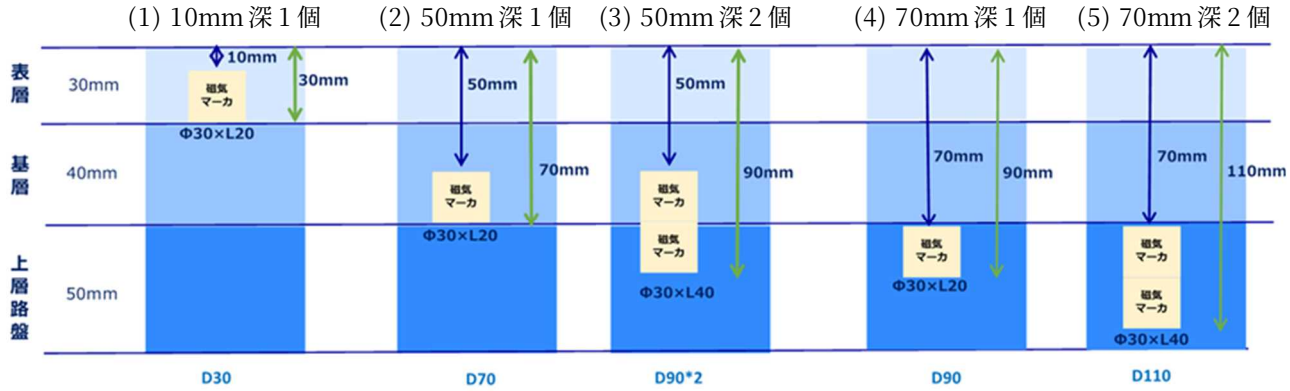
2. 達成目標①「自動走行に対応した冬期道路管理の提案」に係る研究成果

埋設深さ等に応じた積雪時や融雪時における磁気マーカの性能の違いを調査・計測し、積雪寒冷地における磁気マーカの施工･維持管理上の課題を整理した。具体的には、除雪トラック梯団走行（横並び）又は隊列走行（縦列）を想定して同一車線又は隣り合う車線に複数の磁気マーカを埋設することとし、苫小牧寒地試験道路の第 1 車線、第 2 車線、付加車線、及び冠水実験路の表層、基層、上層路盤に埋設深さ・個数が異なる 5 パターン（図－2）の磁気マーカを複数埋設して、路面状態が乾燥時、積雪時（積雪深 5cm、10cm）、融雪時（冠水高 0cm、5cm、10cm）の磁束密度をテスラメーターで計測した。なお、上記のうち融雪時（冠水高 0cm）の路面状態とは湿潤路面を意味する。写真－1 に計測実験の様子を示す。



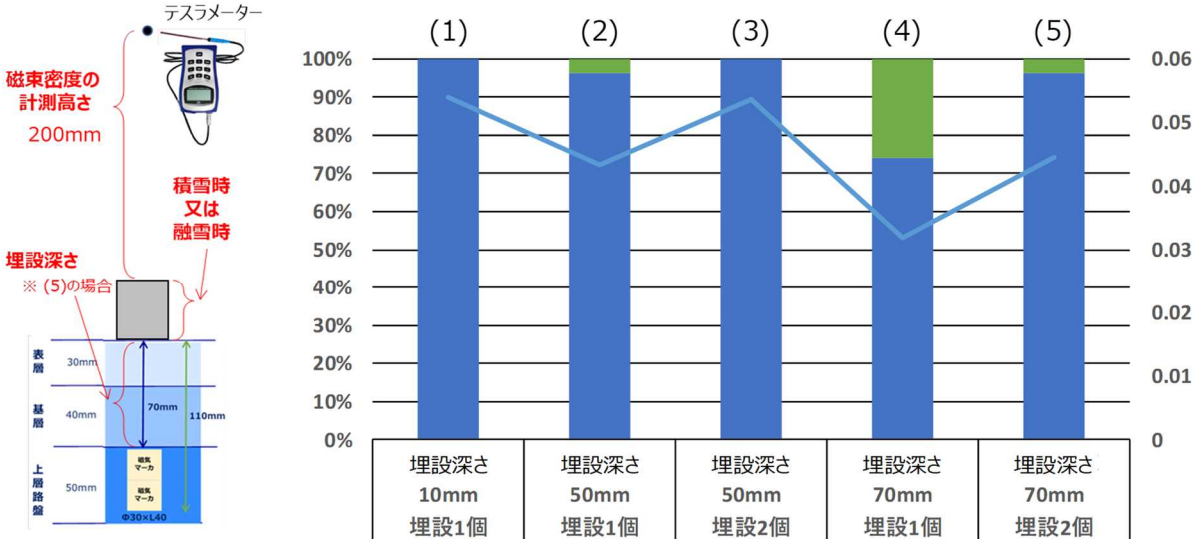
図－1　磁気マーカ（RFID 付き、非接触での読取り）

磁気マーカの性能に関するベンチマークとして、公益社団法人日本道路協会の路面施設サブワーキング（寒地交通チームも委員として参画）が提示した「乾燥路面上の 20cm の位置で磁気マーカの磁束密度が 0.03mT（ミリテスラ）以上」を適用した。本研究では、



図－2　埋設深さ・個数が異なる磁気マーカ設置のパターン

写真－1　計測実験の様子（左：乾燥時、中央：積雪時、右：融雪時）

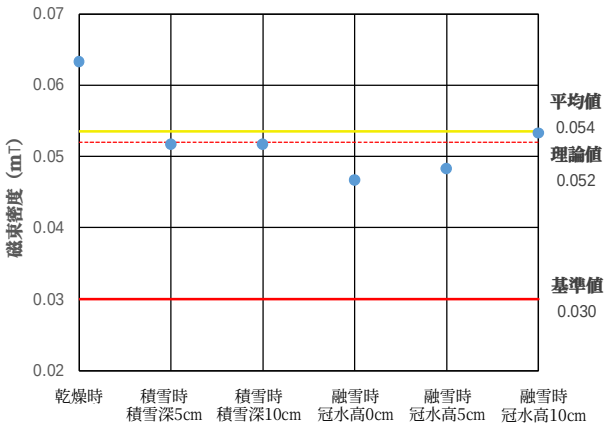


	埋設深さ 10mm 埋設1個	埋設深さ 50mm 埋設1個	埋設深さ 50mm 埋設2個	埋設深さ 70mm 埋設1個	埋設深さ 70mm 埋設2個
磁束密度0.03mT未満 (%)	0	3.7	0	25.9	3.7
磁束密度0.03mT以上 (%)	100	96.3	100	74.1	96.3
磁束密度平均値(mT)	0.054	0.043	0.054	0.032	0.044

（参考）

乾燥時の磁気マーカ設置（箇所）	64	9	9	9	9
積雪時の磁気マーカ設置（箇所）	12	6	6	6	6
融雪時の磁気マーカ設置（箇所）	6	3	3	3	3

図－3　埋設深さ・個数のパターン毎の磁気マーカの磁束密度（乾燥時）



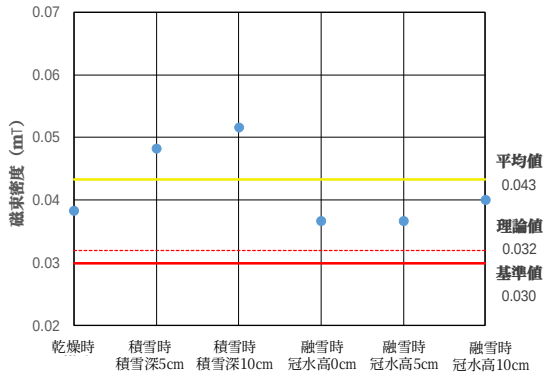
図－4　路面状態毎の磁気マーカの磁束密度
（パターン(1)）

路面から 5cm 又は 10cm の積雪面若しくは冠水面から更に 20cm の位置において磁束密度を計測し、乾燥路面での基準値 0.03mT と比較した。

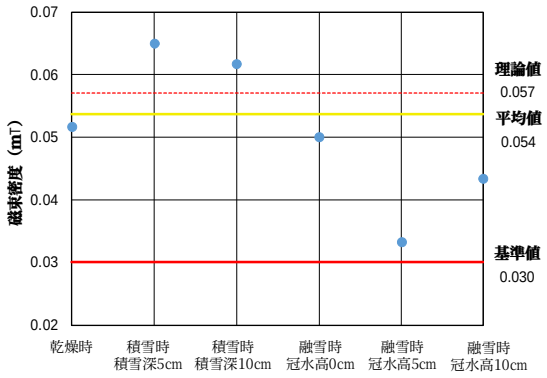
実験の結果は以下のとおりである。

まず、乾燥時の路面から計測高さ 20cm の位置で 5 つのパターン(1)～(5)の磁束密度を計測した結果を図－3 に示す。磁束密度の平均値（図中の折れ線）は 5 パターン全てにおいて基準値 0.03mT 以上であった。

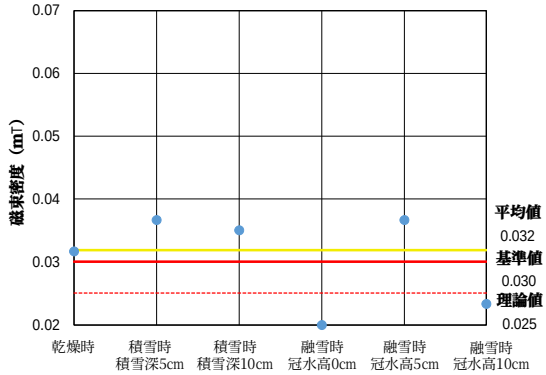
次に、パターン(1)～(5)の各々について、路面状態が乾燥時、積雪時（積雪深 5cm、10cm）、融雪時（冠水高 0cm、5cm、10cm）の磁束密度を計測した結果を図－4～図－8 に示す。各図に記載された路面状態毎の計測値（図中の点）は、該当する路面状態において設置個



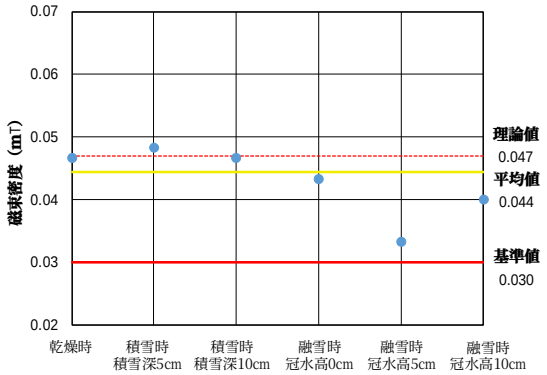
図－5　路面状態毎の磁気マーカの磁束密度（パターン(2)）



図－6　路面状態毎の磁気マーカの磁束密度（パターン(3)）



図－7　路面状態毎の磁気マーカの磁束密度（パターン(4)）



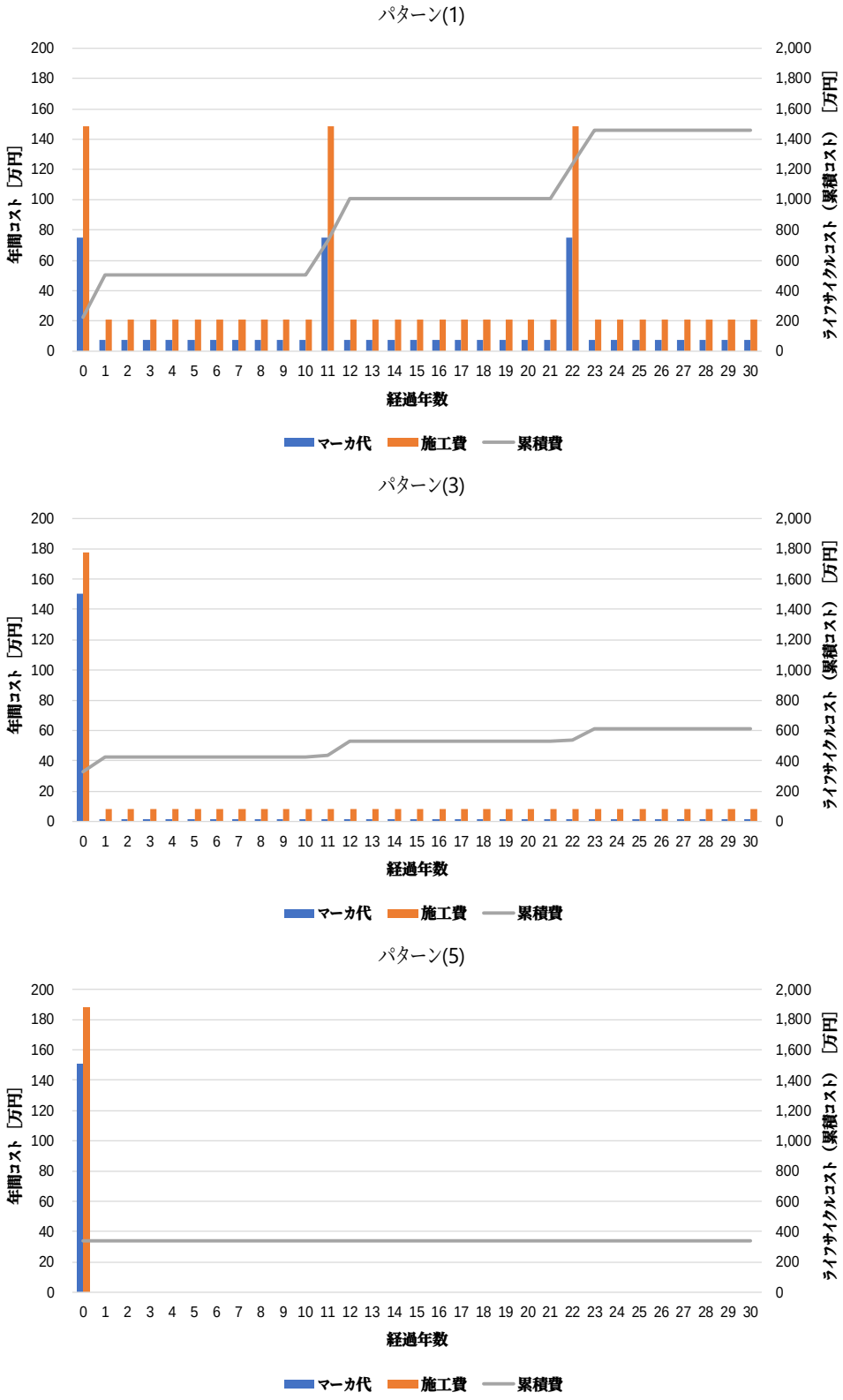
図－8　路面状態毎の磁気マーカの磁束密度（パターン(5)）

表－1　埋設深さ・個数のパターン別にみた磁気マーカのライフサイクルコスト試算のための条件設定

	パターン(1)	パターン(3)	パターン(5)
磁気マーカ取替の仮定	■ 表層劣化により毎年10%取替	■ 表層･基層劣化により毎年1%取替	■ 上層路盤劣化に起因する取替は生じない
	■ 15年ごとに切削オーバーレイにより100%取替	■ 切削オーバーレイに起因する取替は生じない	■ 切削オーバーレイに起因する取替は生じない
パターン共通の主な条件	■ 延長1kmの第1車線、第2車線、付加車線に、2m間隔で配置（合計1,503個） ■ 磁気マーカは1個あたり500円と設定 ■ 配置作業の人員は準備に測量主任1名、作業に測量技師1名、測量助手1名を設定 ■ 配置作業の時間は表層の場合4分、基層の場合5分、上層路盤の場合5分30秒。		

所別の計測値を図－3 に掲載した設置箇所数で平均した値であり、図中に「平均値」として記載された値（図中の横線）は、図中の 6 つの計測値を平均した値である。「理論値」として記載された値は、電磁気学の理論に基づき磁力体の位置や個数の違いにより異なる磁束密度の値を 5 つのパターンの各々について計算したものであり、前述の基準値 0.03mT とは異なる点に注意が必要である。結果をみると、図－7 において融雪時 0cm 及び 10cm のときの計測値が基準値 0.03mT を下回ったが平均値では上回っており、その他の図－4、5、6、8 においては全ての計測値が基準値を上回り平均値も上回っていた。

以上より、冬期道路の自動運行補助施設として磁束密度の面からみた磁気マーカの性能は乾燥時、積雪時、融雪時において概ね基準を満たすことが分かった。したがって、自動走行に対応するため冬期道路に磁気



図－9　埋設深さ・個数のパターン別にみた磁気マーカのライフサイクルコスト試算

マーカを埋設する際には埋設深さや個数の違いにより特段の支障はないものと考えられる。

3. 達成目標②「磁気マーカ施工・維持管理ガイドライン（案）の提案」に係る研究成果

磁気マーカを埋設した舗装の補修（切削オーバーレイによる表層打換え）のライフサイクルを考慮し、磁

気マーカの施工・維持管理に係る経済的で効率的な埋設深さ等を検討した。

表層に磁気マーカを埋設する場合、打ち換えるたびに磁気マーカの再設置が必要となり、メンテナンスコスト（毎年の維持管理費用）が掛かる。一方、基層若しくは上層路盤に埋設する場合、個数を増やして磁力を高めたり深い位置まで削孔したりする必要があり、イニシャルコスト（設置年度の費用）が掛かる。したがって経済的で効率的な磁気マーカ施工・維持管理には、これらのメンテナンスコストとイニシャルコストを含むライフサイクルコストで優位性を比較する必要がある。

そこで図－2及び図－3に示したパターン(1)、パターン(3)、パターン(5)に着目し、表－1に示す条件設定のもとで磁気マーカ設置後の経過年数 30 年間におけるライフサイクルコストを試算して比較した。なお、磁気マーカ単体の耐用年数は 30 年以上あるとされる。試算の結果を図－9 に示す。同図より、イニシャルコストは比較的安いが定期的に補修費が掛かるパターン(1)に比べて、概してメンテナンスコストが安いパターン(3)やパターン(5)のほうが、ライフサイクルコスト（経過年数 30 年時点の累積費）は安くなることが分かった。特に、本研究で設定した条件に限れば、パターン(5)が最も経済的であることが分かった。

以上のことは、積雪寒冷地において磁気マーカ施工・維持管理ガイドラインを構築するうえで、経済的で効率的な磁気マーカの配置の仕方について有益な知見になると考えられる。

RESEARCH ON WINTER ROAD MANAGEMENT CORRESPONDING TO AUTONOMOUS DRIVING TECHNOLOGY

Research Period: FY2020-2024
Research Team: Traffic Engineering Research Team,
Winter Road Research Group
Author: MUNEHIRO Kazunori
NAKAMURA Naohisa
KURATA Kazuyuki
ITO Yasuhiko
NAKAMURA Hiroshi

Abstract: Autonomous driving support facilities (ADSF) including magnetic markers are road facilities that can support winter road management corresponding to autonomous driving technology. This research reveals the issues on management of construction and maintenance of the magnetic markers in snowy cold region, by measuring difference in performance of the magnetic markers between in snowfall and in snowmelt, based on magnetic field strength according to buried depth of the magnetic markers, through an experiment for confirming the performance in Tomakomai Winter Test Truck. In addition, this research shows some knowledge for a guideline about the management of construction and maintenance of the magnetic markers.

Keywords: Autonomous driving technology, Autonomous driving support facilities (ADSF), Magnetic markers, Winter road management