

審査の結果の要旨

氏名： 江原 学

本研究は、鉄道線路に必然的に生じる幾何学的不整の伝統的な測定・評価法を数学理論的に再定式化し、その本質的な特性を明らかにするとともに、その実用的な応用の範囲と展開可能性及びその限界性を検討・実証したものである。

論文は、本文6章と付録により構成されている。

第1章では、鉄道線路における軌道管理概論と研究の背景と意義についてのべている。

第2章では、伝統的な不整の測定及び整正移動量算出法である交差法を線形代数的な理論的により再定義を行っている。

第3章では、線形代数的な再定義によって得られるメリットを述べている。

第4章では、誤差の重畳問題への対応策を述べている。

第5章では、実際の線路現場への適用結果を述べている。

第6章では、まとめと今後の課題を述べている。

また本文第2章の交差法の理論的再定義に関わる証明を付録6～9章に、本文第4章の測定誤差挙動に対する考察に関わる証明を付録14章に記述している。

1章がイントロダクション、2章から4章と付録の一部が理論的定式化とその検証、他は実務への適用と検証に充てられている。

本研究のユニークな点と学問的・実用的意義をまとめると以下のとおりとなる。

- 1) 経験的に採用されてきた線路の不整の測定法である「正矢法」とそれをベースにおいたこれもまた経験的方法である整正計算法である「交差法」は、線路管理の現場では使いやすく直感的に受け入れられてきた。しかし、その理論的根幹が未解明であったため、高速走行運転に必要とされる厳密な線路整正に活用するには誤差重畳の問題があって不適切とされてきた。

本研究は、この伝統的しかし理論的には十分に解明されていなかった方法論を、これまで全く試みられてこなかった線形代数の固有値問題として再定義・再定式化し、学問的かつ実用的に顕著な成果をもたらした。結果的には、「コロンブスの卵」と言える着眼であったが、鉄道線路工学の分野では、正に革命的な一歩をもたらした研究であるといえる。

- 2) 上記のような再定式化を行うことによって、伝統的な測定法に内在する誤差重畳発生のメカニズムとその波長特性(周波数特性)を明示的に解明することを可能とした。この結果、重畳の可能性が高い誤差が、列車の運動や乗客の乗り心地阻害への影響がほとんどない領域の超長波長成分に起因することが明確になった。したがって、そうした実用上意味の薄い超長波長成分をカットしてしまえば、新幹線のような高速運転線区であっても、伝

統的な「正矢法」と「交差法」が、線路管理上の主役たり得ることを示した。

- 3) 線路の整正移動量を算出する方法としては、1980年代に旧・鉄道技術研究所によりフーリエ逆変換を用いる「復元計算法」と呼ばれる手法が開発され、逐次実用に供されるに至った。この方法は、理論的には問題を持たないものの、軌道整正作業を行おうとする線路の区間ばかりでなく、その前後に数百メートルにも及ぶ追加的区間を含めた長い線路延長で測定を要し、作業の効率性という点で大きな弱点をもっていることに加えて、完全に計算機に頼った整正計画となるため、「交差法」におけるような整正計画策定計算作業を通じた保線職員の知的かつ体感的理解と士気の向上という現場マネジメント効果に欠けるというより高位の視点から見て大きな問題を抱えていた。

本研究は、伝統的な手法が「復元法」と同等の性能をもつ上に、「復元法」がもつこうした重大なマネジメント上の問題を全く解決できることを明らかにした。

- 4) 本研究によって、整正計算にどのような制約条件を加味することができることが明らかになったため、踏切区間やトンネル区間で移動量の上限に制約がある場合や、あるいは線路の上下方向整正作業のように移動量が上方のみに制約される場合などについても、明瞭かつ厳正に適用する方法が明らかになった。また、整正区間を走行する列車の特性や速度の高低に応じて、整正すべき波長を合理的にコントロールすることが出来ることとなった。
- 5) 本研究では、以上のような主として理論的な検討に基づいて、そこで開発された方法論を西日本旅客鉄道の新幹線及び在来線の線路保全作業に(わが国で初めて、つまり世界で初めて)実際に適用し、その成果を検証するとともに、実務上顕著な効果を挙げた。こうした実証的な成果は遅からずわが国及び世界に波及していくものと強く期待される。

以上、本研究は、非常にユニークな着眼点にたつて、学問的かつ実用的にみて極めて有用な成果をもたらしたものである。本研究を厳正に審査した結果、そうした観点からみて、本論文は、博士(工学)の学位請求論文としてふさわしい十分な成果をあげた研究であると審査員一同一致して判断し、合格と認められる。