

生成 AI を用いた航法の概観

A Survey of Navigation Techniques Utilizing Generative AI

丹羽雄一郎 Yuichiro Niwa

測位航法学会 個人会員

Member, Institute of Positioning, Navigation and Timing

1. まえがき

生成 AI の技術が急速に発展し、大規模言語モデル (LLM) や視覚言語モデル (VLM) を基盤とした AI エージェントの開発が進んでいる。本稿では、LLM および VLM を航法システムに適用した最新の研究を概観し、自律移動システム (Autonomous Mobility System; AMS) への今後の応用可能性を検討する。

2. 航法システムの機能分類

航法システム (Navigation System; NS) は、自己位置および姿勢角を推定し、その結果に基づいて移動方向と姿勢の変化を計算するシステムである。AMS においては、次のように航法システムの機能を階層的に分類できる。

(1) 大域航法

AMS の広域目的地までの経路計画を行い、位置推定や誘導制御を含む意思決定を担う。

(2) 小域航法 (ローカルエリア航法)

周囲の環境に基づき、目標物や障害物の相対位置を推定し、小域での経路計画や障害物回避の行動計画を行う。

(3) センサフュージョン

大域・小域航法の両方において、AMS 搭載センサの情報を統合し、精度の高い自己位置および姿勢角の推定を行う。

3. 航法における生成 AI の適用

LLM および VLM(L&VLM)を用いた生成 AI の手法を対象に、航法システムへの応用を分類する。

(1) 大域航法への適用

生成 AI は、航法用 AI エージェントとして統合的な意思決定を担う。学習によって得られた知識を活用し、環境変化へのロバスト性の高い経路計画や目的地の再設定を行う。また、速度優先や直線移動優先など、柔軟な行動計画が可能となる。

(2) 小域航法への適用

生成 AI は、基盤モデルの知識を活用し、目標物や障害物の認識精度を高める。強化学習によるモーションプログラムを利用することで、動的環境に適応し、AMS の姿勢変化を適切に制御する。

(3) センサフュージョンへの適用

深層学習を活用し、各センサ情報を同一の潜在空間に埋め込むことで、統一的な情報処理が可能となる。これにより、各センサの特性を補完し合い、ロバストな自己位置推定を実現する。

4. 生成 AI の AMS 適用

4.1 利点

- データ解析の効率化
L&VLM は、大量のデータを迅速に解析し、複雑な環境におけるロバストな制御を支援する。
- マルチモーダル情報の統合
言語と視覚情報を統合する能力により、複数のセンサデータを効果的に処理できる。
- ユーザーインターフェースの改善
自然言語での指示や説明が可能となり、システムの透明性が向上する。
- 高度な予測能力
基盤モデルの推論能力を活用し、災害時の避難経路提案や交通流予測を行う。
- 知識グラフとの連携
GNSS データの時系列変化を文脈的に理解し、より正確な判断を下すことができる。

4.2 問題点

- データの質とバイアス
使用するモデルの学習データに依存するため、品質評価が難しい。
- ハルシネーションのリスク
モデルが誤った情報を生成するリスクに対し、出力制限 (ガードレール) の設計が必要となる。
- 計算リソースの要求
現在の生成 AI は高い計算コストを伴い、AMS でのリアルタイム処理が課題となる。
- 適用範囲の限界
特定のタスクに特化したモデルは、汎用的な移動環境において制約がある。
- 設計方法が未確立
使用するモデルの学習データや推論の質を正確に評価するための標準的な方法がまだ確立されていない。このため、モデルの信頼性の担保が難しくなる。

5. 結論

以上の利点と課題を踏まえ、生成 AI を航法システムに適用することで、AMS の性能向上が期待される。今後は、これらの技術を安全かつ効率的に活用するための基盤モデルの構築と、システム全体の具体的な実装手法の確立が求められる。