

調査報告

スタートアップ企業の海外事業参入に向けたデジタル技術の活用による公共交通・物流最適化に係る調査検討業務

LocationMind株式会社

2025/3/18



調査目的

インドネシアにおけるGNSS道路課金システムの導入課題の明確化と、
弊社技術の活用可能性の検討

資料構成

1

現状調査・分析

インドネシアの有料道路 / 外国企業の参入状況 / 関係制度

2

実証検証

現地で実施した実証検証の内容および結果

3

成果と総括

本調査の成果 / 今後の取り組み / 総括

▶ 1. 現状調査・分析

2. 実証検証

3. 成果と総括



インドネシアの概要

ジャカルタ首都圏の概要

人口: 2020年 約3,100万人(国内の11.6%)

エリア: 5地域から構成(約6,800km²)

役割: 政治・経済・文化の中心地

課題: 人口増加とインフラ需要の急増

ジャカルタ首都圏の人口統計

| 地域 | 2000年 (千人) | 2010年 (千人) | 2020年 (千人) | 面積 (km ²) | 人口密度 (人/km ²) ※人口は 2020年 |
|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|--------------------------|---|
| ジャカルタ (Jakarta) | 8,389 | 9,608 | 10,562 | 661 | 15,979 |
| ボゴール (Bogor) | 6,260 | 5,722 | 6,470 | 3,103 | 2,085 |
| デボック (Depok) | 1,143 | 1,739 | 2,056 | 200 | 10,280 |
| タンゲラン (Tangerang) | 4,107 | 4,633 | 6,495 | 1,371 | 4,737 |
| ブカシ (Bekasi) | 3,332 | 4,965 | 5,657 | 1,464 | 3,864 |
| ジャカルタ首都圏 | 23,231 | 26,667 | 31,241 | 6,799 | 4,595 |
| インドネシア全土 | 206,265 | 237,641 | 270,204 | 1,892,410 | 143 |
| インドネシア全土に占める ジャカルタ首都圏の人口割合 | 11.3% | 11.2% | 11.6% | - | - |

出典: インドネシア統計局

ジャカルタ首都圏の交通インフラ状況

港湾・空港

- ・ タンジュンプリアク港: 国内最大の貿易港
- ・ スカルノ・ハッタ空港: 2024年利用者 約2,600万人

公共交通

- ・ MRT: 2019年開業(1日9万人利用)
- ・ LRT: 都市内・近郊線が2019年・2023年に開業
- ・ BRT: 14路線・250km以上を運行

道路

- ・ 総延長6,653km(州面積の約7%)
- ・ 主要有料道路(JIRR / JORR / JOOR)整備済み

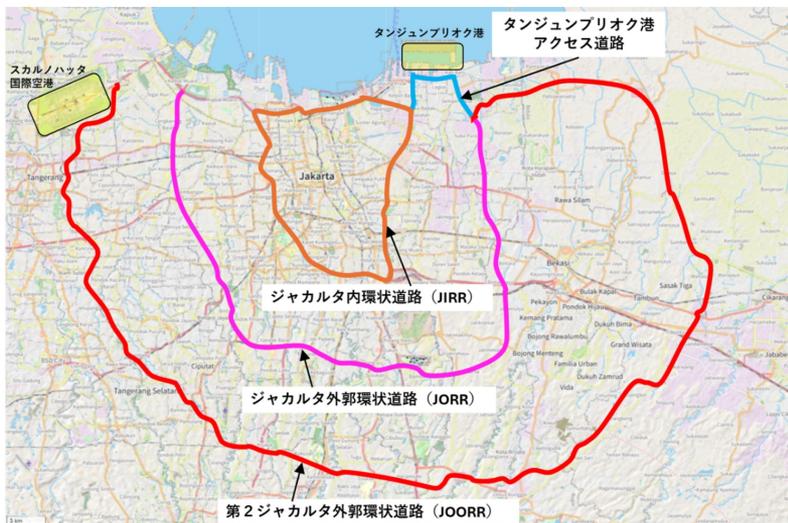
交通管理

- ・ AIベースの信号制御: SCATSとGoogleデータ活用
- ・ 奇数偶数制度: 車両ナンバーで一部区域の交通規制

インドネシア及びジャカルタ首都圏の有料道路網

有料道路網

- ・ インドネシア全土の有料道路総長: 約2,600km(2022年)
- ・ ジャカルタ首都圏の主要な幹線道路: JIRR、JORR、JOORRの3つの環状道路



出典: Open Street Mapをベースに日本工営作成

JIRR, JORR, JOORRの道路網図

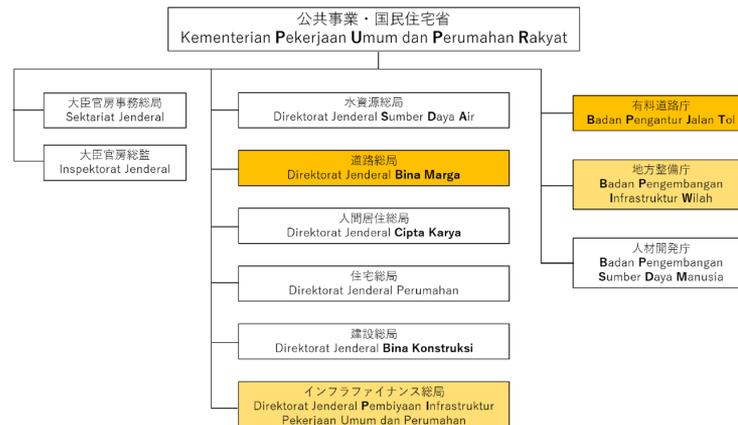
有料道路関連組織

有料道路局 (BPJT)

- ・ 有料道路事業の調達、料金設定、コンセッション権管理などを担当

道路総局 (Bina Marga)

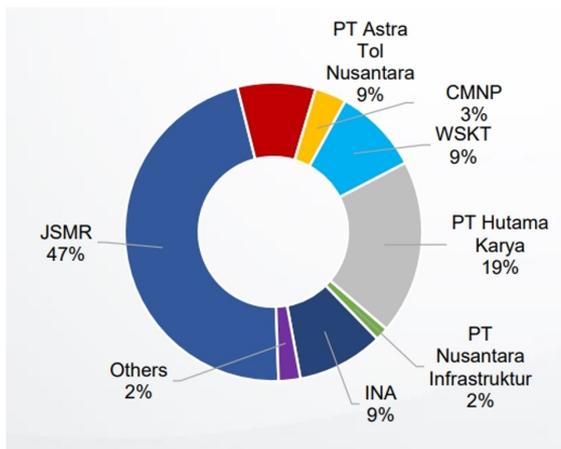
- ・ 高速道路事業の政策・技術基準の制定
- ・ 地方事務所 (Balai)が道路の整備・維持管理を実施



出典: インドネシア道路政策アドバイザー専門家活動報告 (JICA, 2022)

有料道路運営事業者

- 有料道路運営企業: 56社 (2023年3月時点)
- 主な運営企業
 - PT. Jasa Marga (47%):
1978年設立。約1,736km・36コンセッション運営
 - PT. Hutama Karya (19%):
1961年設立。スマトラ島中心に運営事業を展開



出典: PT. Jasa Marga

各事業者が運営・維持管理をしている有料道路の割合(2023年10月末時点)

料金徴収方式

- 電子マネーカード(e-money)方式が主流。
- RFIDタグ方式(let it flo)も導入が進行、キャッシュレス化が加速
- GNSS技術を活用したマルチレーン・フリーフロー(MLFF)の導入計画が進行中



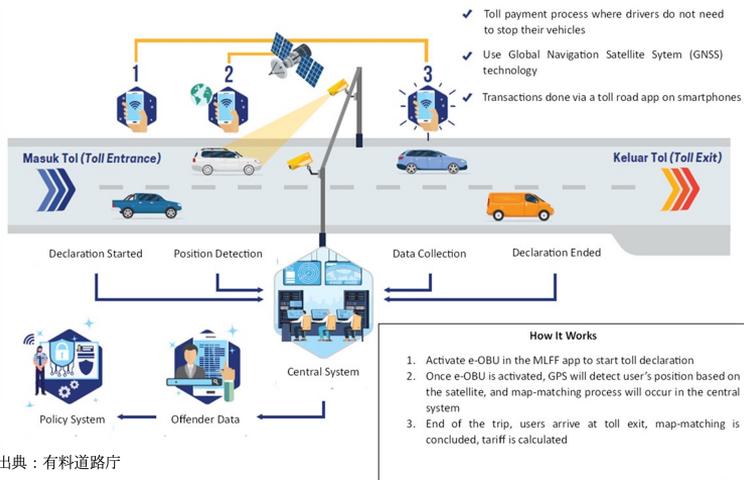
出典: Kompas.com (<https://otomotif.kompas.com/read/2024/05/25/160200415/resmi-jadi-salah-satu-sistem-transaksi-tol-ini-cara-kerja-mlff>)



インドネシアの有料道路料金の一例(Bali Mandara toll road)

GNSS を活用した有料道路課金の導入

- RITS社(ハンガリー)が2020年の入札で選定
- 実用化は2022年中を予定していたが遅延
- 2024年末にバリ島の一部区間で導入し、2025年以降に全国展開を目指す。
- 2024年に国家戦略プロジェクトに指定
- 公共事業・国民住宅省から、新首都への導入も言及。



出典：有料道路庁

GNSSベースの有料道路課金システムによるMLFFの将来イメージ

インドネシア政府の将来計画/ロードマップ

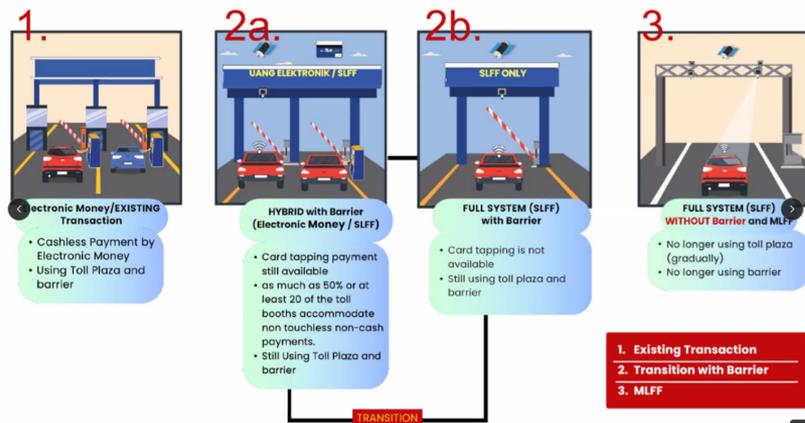
有料道路庁(BPJT)は、2030年以降に「バリアなしSLFF/MLFF」への本格移行を見込む

移行段階:

2a) 既存のタップ方式とゲート付きSLFFの混在期

2b) チップ式を廃止し、ゲート付きSLFFへ完全移行

MLFF導入には、警察管轄の車両登録データ整備が不可欠。



出典：有料道路庁

有料道路庁のMLFFへの移行イメージ

1. 現状調査・分析

▶ 2. 実証検証

3. 成果と総括



特徴

✓ 距離・時間に基づくリアルタイム課金

車両の位置情報をリアルタイムに取得し、走行した道路・距離・時間に応じた柔軟な課金が可能

✓ スケーラビリティとインフラコストの削減

専用の地上インフラなしで課金が可能、車両の増加や新たな道路の追加に対して柔軟に拡張可能

✓ 交通渋滞の緩和と環境負荷の軽減

物理的な料金所を削除することによる交通渋滞の緩和と、CO2排出量の抑制への貢献

課題

✗ 測位誤差によるルートへの誤認識

端末の性能によって、正確な位置情報を取得できない場合がある

✗ スマートフォンの位置情報の改ざん

GNSS信号のスプーフィングや、位置偽装アプリによって位置情報を改ざんし、課金逃れを図る

✗ 端末やアプリ未起動による課金の取り逃し

バッテリー切れや所有者の不適切な取り扱いにより、位置情報を取得できないことも想定される

解決方法

LocationMindは、MLFFシステムの実現を支援するためのモビリティデータプラットフォームを提供します。



✓ 正確な走行距離の算出

独自のアルゴリズムによりスマートフォンバッテリー消費を気にすることなく精度の高い走行距離を提供します

✓ 走行道路の識別

一般道と有料道路が並走する場所や上下に道路が存在する区間でも、走行道路を誤認識することなく正確な有料区間の走行を記録します

✓ 位置情報不正の検知

GNSS測位信号のスプーフィングや、スマートフォンアプリケーションによる位置偽装を検知し、走行ルートの改竄を防止します

今回の実証で検証すること

✓ 正確な走行距離の算出

有料道路区間を走行する車両位置情報を収集し、(仮想)ゲート設定したin-out間における走行距離について、GNSS測位結果をもとに算出した距離の正しさと、測位頻度と距離精度の関係を検証します

✓ 走行道路の識別

一般道と有料道路が並走する場所や、上下に道路が存在する区間の車両走行中の位置情報を収集し、スマートフォンの性能、車内配置場所の影響による測位精度を検証します

位置情報不正の検知

GNSS測位信号のスプーフィングと、スマートフォンアプリケーションによる位置偽装が行えること及び、それを検知できることを日本国内の屋内試験にて確認済みのため、現地実証検証の対象外とします

実施場所

ジャカルタ周辺の有料道路で位置情報取得

測位誤差が問題になりうる地域・経路を選定

- 有料道路と一般道路が並走している並走道路
- 上下2層道路
- 有料道路出入口付近、等



使用したスマートフォン

スマートフォンモデル

以下の2機種を使用



- OPPO Find N2 Flip
- ハイエンドモデル
 - GNSS L1, L5対応
 - 2023年2月発売



- OPPO Reno5 A
- ローエンドモデル
 - GNSS L1対応
 - 2021年6月発売

スマートフォンの設置場所

以下の3か所で測定を実施

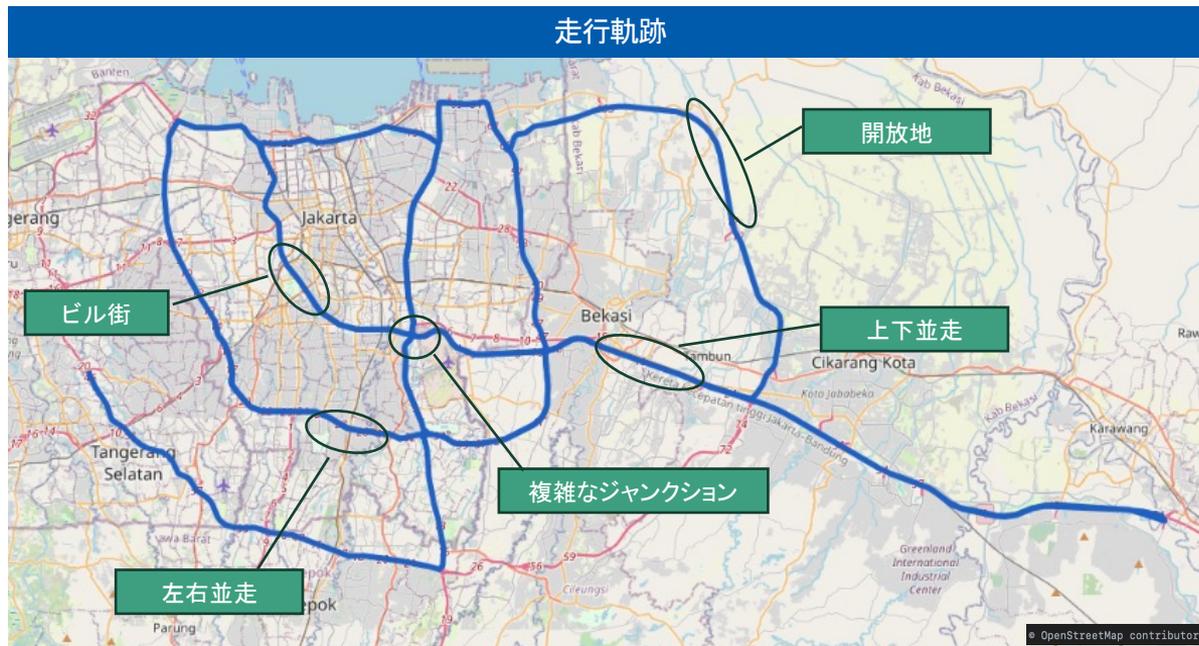
最適: ダッシュボード上
(障害物が少なく、信号を受信しやすい)

低精度: 足元のカバンの中
(信号が遮られ、測位精度が低下)

中間: 後部座席の上
(一定の信号受信が可能)



- 測位誤差は良好で、測位誤差の大部分は許容範囲内であることを確認



試験期間

3 days

総走行距離

約 400 km

総取得データ数

約 14万 ポイント

- 想定していた特徴的な区間と、それ以外の場所でも影響の大きな測位誤差を観測
- 測位誤差が生じた場合でもLMマップマッチングで正しいルートに補正できることを確認

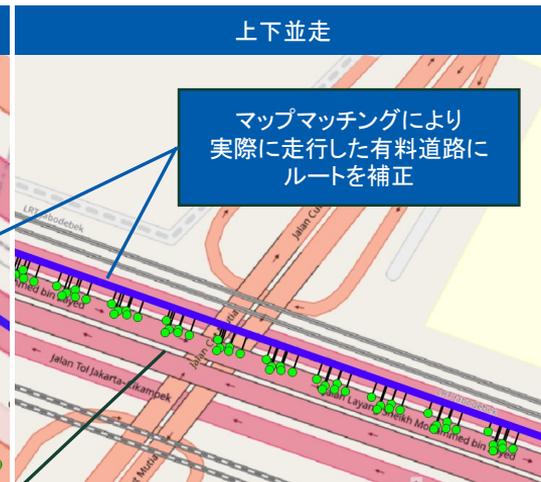
主な測位誤差発生箇所の地図プロット



左右並走



上下並走



生のGPSデータは測位誤差により並走する一般道に近いケースあり



© OpenStreetMap contributors

© OpenStreetMap contributors



© 2025 Google

1. 現状調査・分析

2. 実証検証

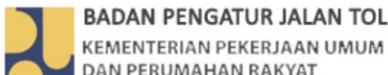
▶ 3. 成果と総括



本実証検証の成果

✓ 有料道路局(BPJT)、PT Roatex Indonesia Toll System(RITS)と連携

- BPJTとRITS社に実証検証結果を共有し、LocationMindのモビリティデータプラットフォームの有用性を実測データをもとに提示。プラットフォームの活用と、より高度な交通インフラのニーズに応えていく。



今後の取り組み

GPS位置情報のデータクレンジングやマップマッチング技術に加えて、システムの信頼性確保と、付加価値の提供を目指す

🔒 GNSS道路課金システムの信頼性

- スマホを利用した正確で透明性の高い走行履歴の記録
- GNSSスプーフィング、スマホアプリによる位置情報偽装への対策実装
- RFID、ANPRシステムとの連携による更なる信頼性の向上とMLFFへの移行実現を支援

🧠 データ分析による付加価値の提供

- 交通渋滞の発生タイミング、場所、原因を特定し、ユーザーエクスペリエンスを向上するとともに、環境および経済に対しても積極的な効果を実現する
- ODデータ分析との組み合わせによる、交通インフラの効率的な運用に向けた高度な分析提案

現状調査・分析

- 机上調査を通じて、インドネシアの社会ニーズや現地制度、有料道路の運営状況を把握
- デジタル技術の活用状況や公共交通インフラの現状を整理

実証検証結果

- スマートフォンの位置情報精度を検証し、GNSS道路課金に十分活用可能であることを確認
- マップマッチング技術により、測位間隔が広くても正確な走行距離算出が可能と確認

今後の展開

- MLFFシステムの信頼性向上と付加価値創造に貢献する
- データ分析技術の高度化と、持続可能な交通インフラの構築に向けた取り組みを強化



本調査を通じ、インドネシア市場における事業展開に向けた確かな成果を得ることができた



LOCATIONMind