

フェーズ1：概念設計および初期ベースライン調査の策定

プロジェクトの初期段階として、大学コミュニティ組織や近隣住区グループなどの既存の信頼ネットワークを基盤とし、相互信頼に基づくマイクロ・トランジット・コリドーを構築するための「Social Services on Wheels (SSW)」モビリティフレームワークの基本仕様を設計した。同時に、新興国都市部の過密環境における世帯が直面している未解決のモビリティ赤字、許容可能な費用閾値、および安全上の懸念事項を数学的・定量的に捕捉するための包括的なベースライン調査票（アンケート）を構築した。

フェーズ2：実証的フィールド調査の展開および健康の視点から捉えるコミュニティ型ライドシェアの利点・欠点評価ソフトの開発

本フェーズでは、アクティブなフィールドデータ収集とハードウェア・ソフトウェア統合を以下の2つのパラレルトラックにより実施した。

● 実証的フィールド調査の展開：

ダッカ大都市圏内の主要13大学においてベースライン調査を展開した。大学の教職員世帯を主たるターゲットとし、日常の移動予算、保護者による送迎ルーティン、および組織的信頼性への要求水準を詳細に網羅した、合計N=409件（75変数）のクレンジング済み完全回答データセットを確立した。

● 健康の視点から捉えるコミュニティ型ライドシェアの利点・欠点評価：

主観的な面接調査を超えた客観的な身体的・環境的データを取得するため、独自のデータ収集モバイルアプリケーションを開発した。本ソフトウェアは、スマートフォンの内蔵センサー（3軸加速度センサー、GPS配列、ネットワーク信号インジケータ等）を活用し、移動経路の軌跡、路面品質を反映する振動指標、および微視的な移動環境因子をリアルタイムでマッピングするアーキテクチャを有する。これにより、発展途上国において競合する各種交通手段が乗客に与える身体的ストレスや健康への影響（ファミリーライドシェアモデルとの比較）をダイレクトに測定・評価する基盤を構築した。

フェーズ3：AI駆動型「三重の安全技術層」アーキテクチャの設計

ベースライン調査から浮き彫りになった重大な安全上の脆弱性を解決するため、SSWモデルに自動化された「三重の安全技術層」を統合したシステム工学的設計を行った。本技術スタックは、以下の3つの相互接続された機能層から構成される。

1. アクティブ・ライブ追跡層：

移動中のノードから集約された geospatial テレメトリデータを、中央のコミュニティダッシュボードへリアルタイムでストリーミングする層。

2. プロアクティブ遠隔監視層：

指定されたコミュニティオペレータによって監視される、自動ジオフェンシングおよび定時チェックイン管理層。

3. AI危険検知・警告層：

モバイルセンサーの入力信号から、急ブレーキやルート逸脱などの異常な車両動態を即座にフラグ立てし、保護者および管理者へ緊急警告通知をプッシュ送信するエッジコンピューティングアルゴリズム層。

システムの耐障害性（レジリエンス）向上施策：

フィールド展開時、バングラデシュ現地における突発的な政情不安によるソフトウェア開発タイムラインの制限や、地下通路・高密度ルート等の通信ブラインドスポットにおける突発的なモバイルデータ接続ネットワークの途絶（パケットロス）といった実世界特有の障壁に直面した。これに対し、モバイル側のクライアントアプリに「ローカルキャッシュアルゴリズム」を実装するリファクタリングを実施した。これにより、ネットワーク切断時にもセンサーデータや暗号化ログをオフラインで安全に蓄積し、データリンク復旧後に中央サーバーと非同期で自動同期する、頑健なデータ整合性維持機構を実現した。

3. 研究の結果（主要な知見と実証データ）

本3か年プロジェクトで得られた未公開データセットのセキュリティと機密性を厳格に保護しつつ、データから導き出されたマクロトレンドおよびカテゴリ分布を以下に詳述する。

3.1 家族の移動パターンの構造的階層化

データセットの解析により、大学コミュニティ世帯の移動行動は「学内（インサイド）」と「学外（アウトサイド）」のエリア境界を境に、極めて対照的な構造的乖離を示した。

- **学内モビリティの特性**：敷地内施設に居住する世帯において、学内移動の移動手段は「徒歩（Walking）」が圧倒的な優位性を占めた。これは歩行者フレンドリーに高度に制御された localized なマイクロ環境を反映している。標準的な自転車、電動スクーター、および組織的なキャンパスシャトルなどの持続可能な手段がこれを補完している。
- **学外モビリティの現実**：移動がキャンパスの境界線を越えて都市公共空間へ移行した瞬間、アクティブ・トランスポートの割合は劇的に低下する。過酷な都市交通環境を克服するため、「**自家用車・バイク（Personal Car/Motorcycle）**」、あるいは「**公共バス・メトロ（Public Bus/Metro）**」といった原動機付（モータライズド）交通手段への依存が支配的となる実態が確認された。

3.2 年齢層および所属大学の地理的特性による移動手段選択の差異

デモグラフィック属性と交通手段のクロス集計により、ライフステージおよびキャンパス立地に起因する明確なシフトパターンが検出された。

- **年齢層に基づく動態シフト**：30歳未満の若年層では、徒歩や地域の伝統的手段である「リキシャ（Rickshaw）」といった柔軟で非モータライズドな選択肢への依存度が高い。しかし、31歳から45歳の中堅年齢層へ移行するにつれ、職位の向上や世帯収入の増大と同時に、「子供の学校送迎義務」という新たな家庭内役割の発生に伴い、自家用自動車や公共交通を組み合わせた多様な原動機付手段へのシフトが顕著となる。50歳以上の高年齢層では、快適性と利便性の要求から自家用車がデフォルトの選択肢として固定化する傾向にある。
- **所属機関の立地環境による影響**：都市中心部の超過密エリアに位置するダッカ大学（DU）では、道路の狭隘さや伝統的な街並みを反映し、単独リキシャ、徒歩、あるいは「徒歩＋リキシャ」のマルチモーダル（複合型移動）が支配的である。一方、都市郊外や集約型敷地を持つ東部大学（EU）やアメリカン・インターナショナル大学バングラデシュ（AIUB）などでは、**アクセスの制約から自家用車や組織が提供するオフィスバス（Office Transport）への集中が見られ、機関の地理的配置がモータライズド依存度を決定づけていることが判明した。**

3.3 通学の現状と保護者の送迎（エスコート）負担

児童の通学ロジスティクスを切り出した分析により、ファミリーライドシェアの導入を強く正当化する社会的経済的ボトルネックが特定された。

- **慢性的な単独通学の不可能性**：治安上の不安と交通安全リスクに起因し、18歳未満の児童の大部分が「単独での通学が不可能」という深刻な依存状態にある。このエスコート義務は、世帯内で配偶者間の役割分担、祖父母の動員、あるいは家事使用人や専属ドライバーの手配といった世帯内リソースの激しい消費を要しており、とりわけ母親の時間的貧困を悪化させている。
- **マルチモーダルな摩擦と travel time の不確実性**：3km未満の短距離の小学校・ナーサリー通学であっても、リキシャや自家用車、あるいは「徒歩＋リキシャ」が多用されるが、一回の通学ルートにおいて「複数回の車両乗り換え」を余儀なくされるケースが一定数存在する。この乗り換え摩擦は、都市の慢性的な渋滞と相まって到着時間の予測可能性を著しく低下させ、保護者の精神的ストレス（認知負荷）を増大させる決定打となっている。
- **経済的支出の累積**：通学に伴う月間交通費用は、児童の教育段階の上昇（0レベル、Aレベル等の高度教育層）および移動距離（15km超の長距離通学）のスケールアップに伴って指数関数的に高騰す

る傾向を示した。この累積費用は一般世帯の可処分所得を圧迫しており、コストを相互に分担可能なコミュニティ型ライドシェアメカズムに対する強烈的な潜在市場需要が確認された。

3.4 移動環境がもたらす身体的・精神的健康への影響

THIRA アプリのセンサーログと記述式評価の統合解析により、既存の交通モードがもたらす well-being への代償が可視化された。

- **機械的振動と身体的疲労**：従来の公共バスおよび未規制の非公式パラトランジットにおいて、THIRA アプリの 3 軸加速度センサーは継続的かつ激しい振動スパイクを記録した。劣悪な路面品質と粗暴な加減速運転に起因するこの強力な機械的エネルギー波は、長時間乗車において、通学児童および同伴する母親に無視できない骨格・筋肉系の疲労および肉体的消耗を直接的に誘発しているデータが得られた。
- **安全 assurance 要求と心理的負荷**：記述データにおいて、ライドシェアサービス選定時に家族が求める最も決定的な要因として「安全性の確証 (Safety Assurance)」が **5 点満点中平均 4.38 点**という極めて高い優先度を記録した。従来の無作為な公共交通環境では、ハラスメントの危険性や身元不調法なドライバーへの恐怖から、乗客は移動中に常に高い警戒状態を維持せざるを得ず、これが深刻な精神的疲労をもたらしている。
- **コミュニティモデルの健康アドバンテージ**：一方、信頼された大学所属サークル内に限定した SSW モデルのシミュレーション走行ログでは、加減速の不連続なスパイクが最小化されたスムーズな車両動態プロファイルが確認された。さらに、ドライバーや同乗者が institutional に認証されている安心感が安全不安を根底から中和し、通勤・通学中における保護者・児童双方の情動および精神的 well-being を有意に防衛・保護できることが実証された。

4. 考察および実装上の課題

本研究の構造的知見は、急速な都市化を遂げる発展途上国のコンテキストにおいて、交通インフラ、社会経済的公平性、および公衆衛生が相互に密接に結びついている実態を浮き彫りにした。既存の商業的・単一乗客型のライドヘイリングや、ジェンダーブラインドな一律の公共交通は、世帯全体の集団的・複合的な移動要件（通学エスコート等）に対応できていない。これに対し、組織的な信頼の担保されたコミュニティ型 MaaS (cMaaS) を SSW プラットフォームとして具現化するアプローチは、都市公共空間の治安リスクを内包化して無効化し、無償の送迎労働を共同化して効率的なコミュニティ資産へと昇華させる極めて有効なパイパスとなる。エスコート負担の軽減が女性のキャリア継続や自己実現の時間を直接的に解放する経路は、新興国におけるスマートシティ設計が包摂的（インクルーシブ）であるための必須要件である。

技術実装の側面では、現地バングラデシュにおける突発的な政情不安に伴う物理的なフィールド実験機会の損失や、高層建造物・過密ルートによる深刻な通信キャリア切断といった実地特有のハードルを経験した。しかし、これらの制約は逆に、本システム工学フレームワークを「ローカルエッジ処理および非同期暗号化キャッシュ通信アルゴリズム」へと進化させる契機となった。インフラが未成熟な環境であってもデータ整合性と三重の安全制御層の継続性を担保可能にしたこの技術設計は、他国の低・中所得国における都市モビリティシステムの展開を可能にする極めて価値の高い知見である。

5. 今後の展望

5.1 今後の展望：児童保護のための AI 技術 (AI for child passenger protection) の深化

本研究の成果をさらに一歩進め、コミュニティ型ライドシェアモデルにおける究極の「安全かつ健康的な交通選択肢」を自動設計するため、今後は「児童保護のための高度 AI 技術 (AI for Child Protection)」の開発に注力する。具体的には、これまでの三重の安全層（ライブ追跡、遠隔監視、危険検知）に加え、車内のスマートフォンカメラおよびセンサー情報を用いた「児童の生体・感情ステータス解析 AI」や「車内異常検知モデル」を統合する。アプリから得られる 3 軸加速度のリアルタイム身体疲労予測値と、経路上の大気質・渋滞予測データをディープラーニングモデルに投入することで、単に最短・最安のルートを提示するだけで

なく、「児童の脊椎や精神的疲労を最小限に抑え、最も健康的な車内環境を維持できる最適通学ルート」を動的に選択・レコメンドするアルゴリズムを実装する。これにより、新興国において児童を物理的・精神的脅威から多重に防衛する、自律的なモビリティセーフティネットの確立を目指す。

5.2 政策提言

- **制度的分散化の推進**：スマートシティ創生を目指す新興国の基礎自治体は、一律の公共交通拡張のみに依存せず、大学や大規模事業所等の institutional な信頼圏が自律的に運営するマイクロ・トランジット（コミュニティ型モビリティループ）に対し、積極的な税制インセンティブや優先走行枠等の規制緩和を行うべきである。
- **インフラの官民共同コーディネーション**：AI 駆動型の児童保護・安全モビリティの通信レイテンシをゼロにするため、主要な通学・通勤コリドー沿いの通信基地局において、優先的な無線帯域の割り当てやバックアップネットワークの設置を義務付ける法整備が必要である。

【参考文献】

- United Nations. (2015). *Sustainable Development Goals: Target 5.4: Recognize and value unpaid care and domestic work through the provision of public services, infrastructure and social protection policies.*
- Abedin, N. (Kyushu University). (2023-2026). *Research Study on Developing-Country Family Rideshare Models to Achieve SDGs Target 5.4.* Project Completion Report Framework submitted to The Telecommunications Advancement Foundation (TAF).
- Abedin, N., et al. (2023). Designing a safe, affordable and sustainable mobility ecosystem to address family mobility needs in Bangladesh. *Proceedings of the 11th Social Business Academia Conference.*
- Rahman, M. M., & Thill, J.-C. (2020). Sustainable Urban Transport Infrastructure and Socio-Economic Participation: Mapping Gender-Based Constraints in High-Density Developing Metropolises. *Sustainability*, 12(24), 10337.
- Ahmed, S., & Islam, R. (2020). Evaluating the Domestic Logistical Burden: The Hidden Time Poverty of Commuting Mothers in South Asian Cities. In *Advances in Intelligent Systems and Smart Cities Ecosystems* (pp. 412–426). Springer, Cham.
- Khan, A. I., Abedin, N., & Hossain, M. S. (2023). Decentralized Community-Based Mobility-as-a-Service (cMaaS): Leveraging Automated Tracking Assets for Sustainable Family Ridesharing. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems Architecture*, 14(1), 289–299.

〈発 表 資 料〉

題 名	掲載誌・学会名等	発表年月
Designing a safe, affordable and sustainable mobility ecosystem to address the family mobility needs in Bangladesh using technology and social business model.	11th Social Business Academia Conference 2023	2023 年 6 月
Understanding Community travel behavior: Case Study on corporate community mobility at Grameen Bank building.	Social Business Day 2023 (Bangladesh Country Forum)	2023 年 6 月
