

気候変動が交通システムに及ぼす 影響と適応策の全体整理

加藤 博和¹・大野 悠貴²・高山 芳樹³・田島 治希⁴・松永 就朗⁵

¹正会員 名古屋大学大学院教授 環境学研究科 (〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町 D2-2(510))
E-mail: kato@genv.nagoya-u.ac.jp

²正会員 名古屋大学大学院研究員 環境学研究科 (〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町 D2-2(510))
E-mail: yuukiohno@urban.env.nagoya-u.ac.jp

³学生会員 名古屋大学大学院 環境学研究科 (〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町 D2-2(510))
E-mail: ytakayama@urban.env.nagoya-u.ac.jp

⁴非会員 名古屋大学 工学部環境土木・建築学科 (〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町 D2-2(510))
E-mail: htajima@urban.env.nagoya-u.ac.jp

⁵非会員 名古屋大学 工学部環境土木・建築学科 (〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町 D2-2(510))
E-mail: nmatsu@urban.env.nagoya-u.ac.jp

気候変動の進展は、交通システムにも大きな影響を与え、その変革を余儀なくすることが予想される。大まかには (1) 極端気象による水害・土砂災害等の頻発・強化をもたらす交通システムの被害増加、(2) 気温上昇等による観光を中心とした交通需要の変化、(3) 海面上昇による港湾や海岸沿い等の交通路の障害、といった影響が考えられるが、これらは網羅的に整理されていない。モビリティ革命が進展する中、気候変動緩和策としての脱炭素化はもとより、気候変動適応策の組み込みも重要である。本稿は、その検討のために必要となる交通システム脆弱性評価や具体策提示に向けた道筋を示す。

Key Words: *climate change, transport systems, adaptation measures*

1. はじめに

大気中の温室効果物質の濃度上昇に伴う全球的な気候変動は、人間社会のありとあらゆる側面に影響を及ぼすと考えられ、特に負の影響が多であることが予測されている。そこで、それを食い止めること（緩和策）と、生じる影響に対応すること（適応策）の両面について全世界的に検討が行われている。日本でも 1990 年代から両面が検討されてきたが、緩和策は 1998 年に「地球温暖化対策の推進に関する法律」が施行してあらゆる対策が進められてきたものの、適応策については政策への反映が遅れ、「気候変動適応法」施行も 2018 年であった。

交通・輸送システムにおいても、温室効果物質の主な発生源という観点から緩和策への関心が高く、土木計画学分野でも様々な調査研究が行われてきた。一方で、適応策の検討はほとんど行われていない状況である。

2019 年の台風 19 号では新幹線や高速道路、そして地域公共交通が不通となり、被災地はもとより広域交通網

に打撃を与え、物流への影響が深刻となったことは記憶に新しい。気候変動によって台風の強化やゲリラ豪雨の頻発化など、極端気象の増加が懸念される中、このような災害による交通マヒが増えることが問題視されるようになっており、まさに交通分野における気候変動適応策として重要である。

そもそも、自然災害の多い日本では、災害発生に伴う交通・輸送システムの麻痺や機能低下が深刻な問題として認識され、対策が行われてきた。道路交通や公共交通の機能低下は、発災直後の避難・救援活動を阻害するとともに、その後の復旧・復興段階においても大きな足かせとなる。そのため、自然災害に強い交通網とするべく、危険な区間の改善や、迂回路を確保できるようにする冗長化が従来から進められてきた。

しかし、戦後のモータリゼーション進展に伴う都市域拡大によって、災害危険地域に市街地が広がり、多くの幹線道路がそのような地域を通り抜けている。一方で鉄道は多くが戦前につくられ、海岸沿いや急峻な山間部を

通るために災害に対して脆弱な区間が目立つ。

気候変動によって水害や土砂災害が増加・強化すれば、従来のペースでの交通網見直しでは追いつかないことが懸念される。したがって、気候変動緩和策としての脱炭素化はもとより、気候変動に伴って日本の交通・輸送システムにどのような影響が生じるかを予測し、それに対応してどのような気候変動適応策が必要となるかについての方向性を明らかにすることが求められている。

本稿では、気候変動による交通・輸送システムへの諸影響に対応すべく、必要となる交通システム脆弱性評価や、モビリティ革命を考慮した具体策提示のための道筋を示すことを目的とする。

2. 既往の調査・研究

交通・輸送システムに関する気候変動適応策に関する研究はほとんど存在していない。加えて、気候変動による交通システムへの影響、そして 1 章で述べたような鉄道や道路といった陸上交通への影響に関する研究についても、多くは見られない。これは、気候変動が具体的にどのように起こり、それが交通の需要や供給にいかなる影響を与えるかという流れが不明確なためである。

国内の既往研究について、気候変動による鉄道・道路への直接の影響についての研究は見受けられなかったが、海面上昇による津波被害の激甚化と、それに対する適応策を検討するうえで参照するものとして、例えば福本ら²⁾は、東日本大震災に伴う津波等によって被災した路線バス事業者 6 社の被災状況や被災後の対応についてまとめ、特に燃料と通信手段の確保が課題であることを示した。

海外の既往の調査・研究については、例えば David ら³⁾

は、イギリス沿岸部のリゾート地であるダウリッシュを走る鉄道を対象に、これまでの高潮による鉄道への被害と海面の水位変化の状況から、将来の気候変動に伴う海面上昇によって生じる鉄道の運休回数の増加や、運休や復旧にかかるコストの増加といった影響を予測している。またアメリカのボストン都市圏を対象に、気候変動による洪水の増加が交通にもたらす影響として、トリップ数の減少を予測したものもある³⁾。

以上より、交通・輸送システムに関する気候変動適応策に関する研究はほとんど存在していないことが確認できた。災害による交通システムへの影響についても、国内では地震による津波被害のケーススタディのみにとどまり、海外事例に目を転じて、特定の地域を対象とし、影響評価の対象も限定的である。David らが、イギリスでは鉄道への投資を正当化する手段として費用便益分析に大きく依存している状況からコストへの影響評価を重視した旨を言及しているように、国ごとによって状況は異なるため、日本の交通・輸送システムに則した気候変動による影響と適応策を検討する必要がある。

3. 交通システム脆弱性評価とモビリティ革命を考慮した具体策提示のための道筋

気候変動が日本の交通・輸送システムに与える影響の中で最も大きいのは、1 章でも述べた極端気象の増加であると考えられる。しかし他にも、気温上昇による観光を中心とした交通需要の変化や、海面上昇による港湾や海岸沿いの道路・鉄道網への対策強化など様々考えられ、これら諸影響を網羅的に整理することが必要である。

図-1 に、気候変動が交通・輸送システムに及ぼす影響フローを示す。

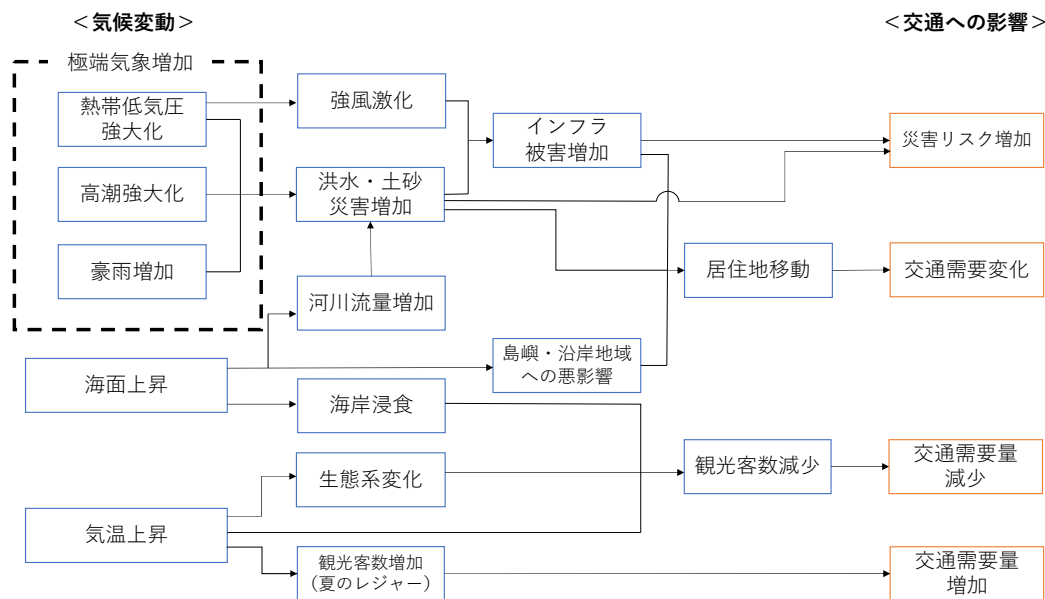


図-1 気候変動が交通・輸送システムに及ぼす影響フロー

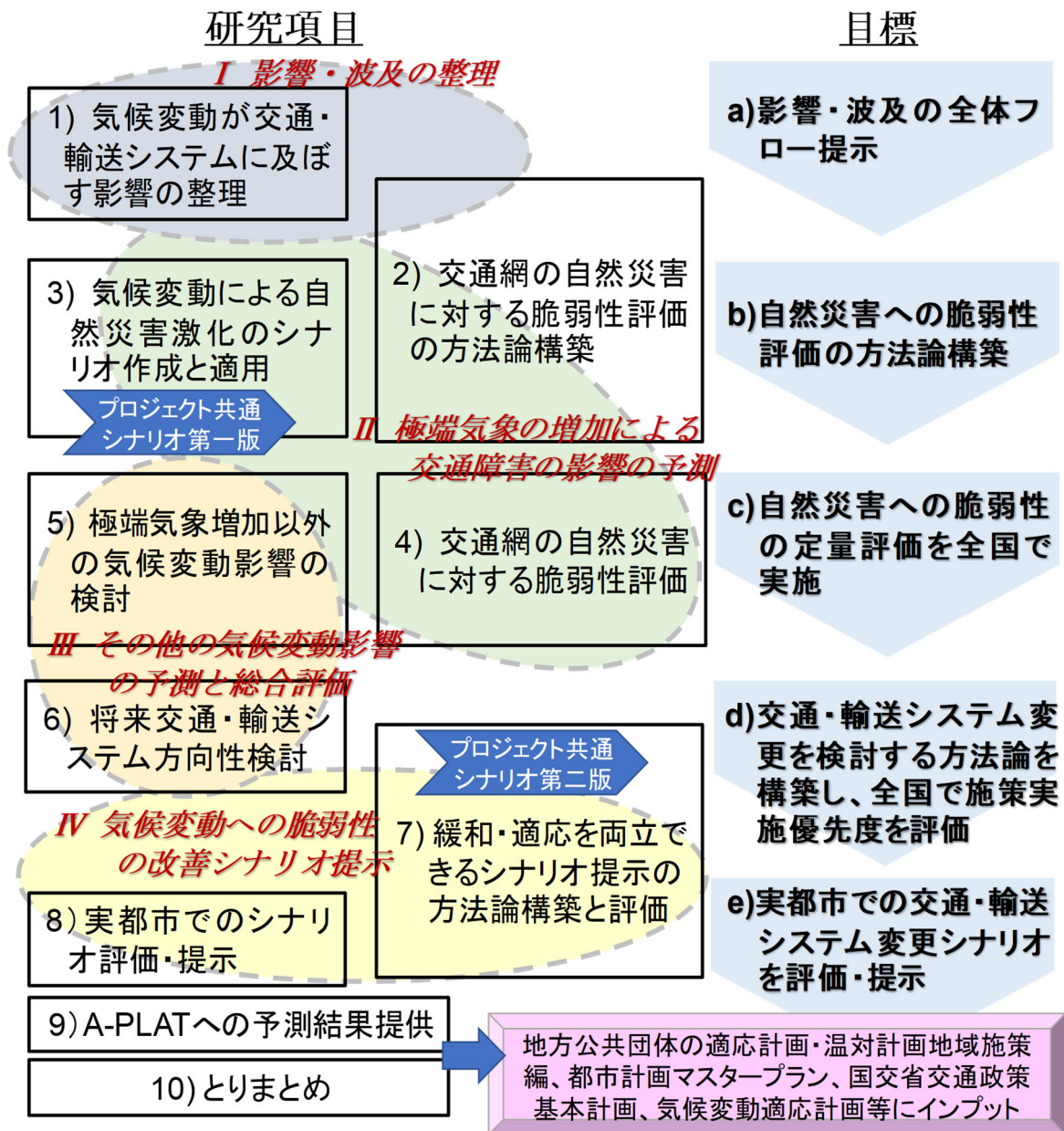
極端気象の増加は、強風激化や洪水・土砂災害の増加を引き起こし、インフラ被害が増加するため、交通・輸送システムの災害リスクが高まる。さらに、洪水・土砂災害の増加やインフラ被害の増加、加えて海面上昇による島嶼・沿岸地域への悪影響（例えば、水没）は、人々の居住地移動を強いることになり、交通需要の変化が生じることも考えられる。

海面上昇による海岸浸食や、気温上昇、それに伴う生態系の変化は、海水浴や桜・紅葉といった自然観光資源に悪影響を与え、観光客数の減少による交通需要量の減少が予想される。ただし、一定程度までの気温上昇は夏のレジャーにおいて観光客数を増加させることがわかっ

ており、交通需要量の増加という影響も起こり得る。

極端気象の影響については、細かな区間・地区単位で脆弱性の変化を推計し、各区間・地区の重要性を加味して対策実施の優先度を決定する手法を開発し、優先度を算定することで、今後のモビリティ革命に合わせた交通・輸送システム低炭素化の流れも踏まえた、実行可能な気候変動適応策を提示することができる。

以上を踏まえた研究の流れについての著者らの計画を図-2に示す。この中で、気候変動に伴って日本の交通・輸送システムにどのような影響が生じるかを予測し、それに対応してどのような施策が必要となるかについての方向性を明らかにするという前半部分については、(1)



A-PLAT(気候変動適応情報プラットフォーム): 気候変動適応策を進めるために参考となる情報を分かりやすく発信するための情報基盤。(国開)国立環境研究所が運営(<https://adaptation-platform.nies.go.jp/>)

図-2 今後の研究の流れ

気候変動が交通・輸送システムに及ぼす影響とその社会経済的波及の整理, (2) 極端気象の増加による交通障害の影響の予測, (3) その他の影響の予測と総合評価, (4) 気候変動への脆弱性を改善するための交通・輸送システム改善シナリオの提示, を行っていく. このとき, 交通・輸送システムの気候変動緩和・適応に関する複数のシナリオに落とし込み評価を行っていく.

(1) では, IPCC 報告書や既往の調査研究のレビューをもとに, 様々考えられる影響のリストを作成するとともに, 影響波及の全体フローをまとめる.

(2) では, 全国の水害や土砂災害に関する危険度のデータを収集し, それと交通網とを重ね合わせ, 現状でリスクの高い区間・地区を抽出する. そして, 極端気象の増加によるリスク増加を推定する. 一方で, 各区間についてその交通量や代替路の存在から重要度を定量化し, それとリスクとを合わせて対策優先度を算定する.

(3) では, (1) で明らかにした影響のうち主要なものについて影響推計手法をつくり, (2) と同様に全国各区間・地区 (市区町村単位を想定) や輸送拠点 (営業所, 駅, バスターミナル, 空港等) の影響度を推計する. この結果と (2) の結果を合わせて, 国全体としてどこの区間・地区・輸送拠点の対策を優先すべきかの順位付けが可能となり, 効果的な適応策実施に資する.

(4) では, 対策優先度が高くなった地区の中から大都市および中小都市 1 箇所ずつをケーススタディとして, 交通・輸送システムへの気候変動の影響を推計する. この際, これまで構築してきた, 災害時における QOL

(Quality Of Life) 低下の評価モデルを適用し, アクセシビリティ低下や物流混乱に伴う QOL 低下を評価する. さらに他の気候変動起因の諸影響も加味した評価を行って, 交通網改善策 (迂回路整備, 改良・付替, 拠点の移転等) を提示する. これによって, 都市における気候変動を考慮した交通計画や土地利用計画の策定に資することを旨とする.

謝辞: 本研究は, (独) 環境再生保全機構の環境研究総合推進費 (JPMEERF20S11818) により実施した.

参考文献

- 1) 福本雅之, 加藤博和, 星野雄二: 東日本大震災直後における路線バス事業者の対応に関する調査研究, 交通科学, Vol.43/No.1, pp.4-10, 2012.
- 2) David Dawson, Jon Shaw, W.Roland Gehrels. : Sea-level rise impacts on transport infrastructure: The notorious case of the coastal railway line at Dawlish, England, *Journal of Transport Geography* 51, 97-109, 2016.
- 3) Pablo Suarez, William Anderson, Vijay Mahal, T. R. Lakshmanan : Impacts of flooding and climate change on urban transportation: A systemwide performance assessment of the Boston Metro Area, *Transportation Research Part D*, Vol.10, 231-244, 2005.

(?)
(?)

AN OVERVIEW OF INFLUENCES OF CLIMATE CHANGE ON TRANSPORT SYSTEMS AND ADAPTATION MEASURES

Hirokazu KATO, Yuuki OONO, Yoshiki TAKAYAMA,
Haruki TAJIMA and Nariaki MATSUNAGA