

# 札幌市における公共交通の アクセシビリティの改善提案

一橋大学

国際・公共政策大学院 公共経済プログラム 2年

中山雄太 PM18E009

2019年12月

---

\*本稿は、一橋大学国際・公共政策大学院公共経済プログラムにおけるコンサルティング・プロジェクトの最終報告書として、受入機関である公益財団法人鉄道総合技術研究所に提出したものです。本稿の内容は、すべて筆者の個人的見解であり、受入機関の見解を示すものではありません。

## 要約

本稿では、札幌市のJR北海道・市営地下鉄・路線バス・路面電車などの各種公共交通機関における冬場のアクセシビリティについて研究を行った。札幌市は日本最北の政令指定都市であり、<sup>1</sup>約96万世帯、190万人の市民が暮らす大都市となっている。この都市の特徴は平均気温が氷点下となる厳しい冬の寒さと年平均700cmに迫る降雪量の多さである。<sup>2</sup>このような環境の中で、札幌市の公共交通は様々な問題を抱えており、市民生活や観光における障害となっている。

悪天候と交通モード選択に関する先行研究や他の都市におけるアクセシビリティの改善施策についての事例を分析し、札幌市においてどのような改善案が望ましいかを提案させていただく。

## 謝辞

本稿は一橋大学国際・公共政策大学院公共経済プログラムの講義「コンサルティングプロジェクト」の一環で作成した論文である。執筆に当たっては、コンサルティングプロジェクトの受け入れ先である鉄道総合技術研究所の信号・情報技術研究部交通計画研究室の松本様、深澤様、そして交通計画研究室の皆様からの多大な協力と大変有益な助言を頂いた。また、担当教員である山重教授には受入機関のご紹介や多くの助言を頂いた。ここに記して感謝を申し上げたい。

---

<sup>1</sup>札幌市 推計人口 令和元年12月1日現在 <https://www.city.sapporo.jp/toukei/jinko/jinko.html>

<sup>2</sup>気象庁 [http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/nml\\_sfc\\_ym.php?prec\\_no=14&block\\_no=47412](http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/nml_sfc_ym.php?prec_no=14&block_no=47412)

## 目次

- 1, はじめに
- 2, 札幌市における公共交通の課題の整理
  - 2-1 J R北海道
  - 2-2 市営地下鉄
  - 2-3 路線バス
  - 2-4 路面電車
  - 2-5 札幌市の自動車の現状
- 3, 交通モード選択と天候の関係性に関する先行研究の分析
  - 3-1 先行研究の分析について
  - 3-2 気温と交通モードの選択の関係性についての先行研究
  - 3-3 天候と交通モードの選択の関係性についての先行研究
  - 3-4 季節と交通モードの選択の関係性についての先行研究
- 4, 提案
  - 4-1 改善案について
  - 4-2 札幌市における改善案の提案
- 5, 参考文献

## 1,はじめに

本研究の目的は、降雪期の札幌市における幹線道路および中心道路の交通渋滞とそれに伴う公共交通機関の利便性の低下について、近年の国内外の事例に基づいて包括的に解決策を提案することである。具体的には、冬期になると自家用車の利用の増加や運転環境の悪化、除雪した雪によって利用できる車線数が減少することなどによって交通渋滞の発生が増加してしまう。このような課題に対して自家用車から公共交通へのシフトを促すことで渋滞の解消を目指すことが目的である。

本論文の構成は以下の通りである。2章では札幌市における交通課題について交通モードごとに整理する。その際に、それぞれの交通事業の環境だけではなく、近年の各事業者によるアクセシビリティの改善に関する施策についても述べる。3章では一般的に交通モード選択に天候や気温がどのように影響を与えているのかについて先行研究を基に分析を行う。4章では公共交通の利便性や料金制度について先行研究を基に改善案について述べる。以上の結果を踏まえた上で、5章では実際に札幌市において改善案を適用した場合のメリットやデメリット等について検討していく。

## 2,札幌市における公共交通の課題の整理

### 2-1 JR北海道

まずはじめに札幌圏内におけるJR北海道の現状について述べる。

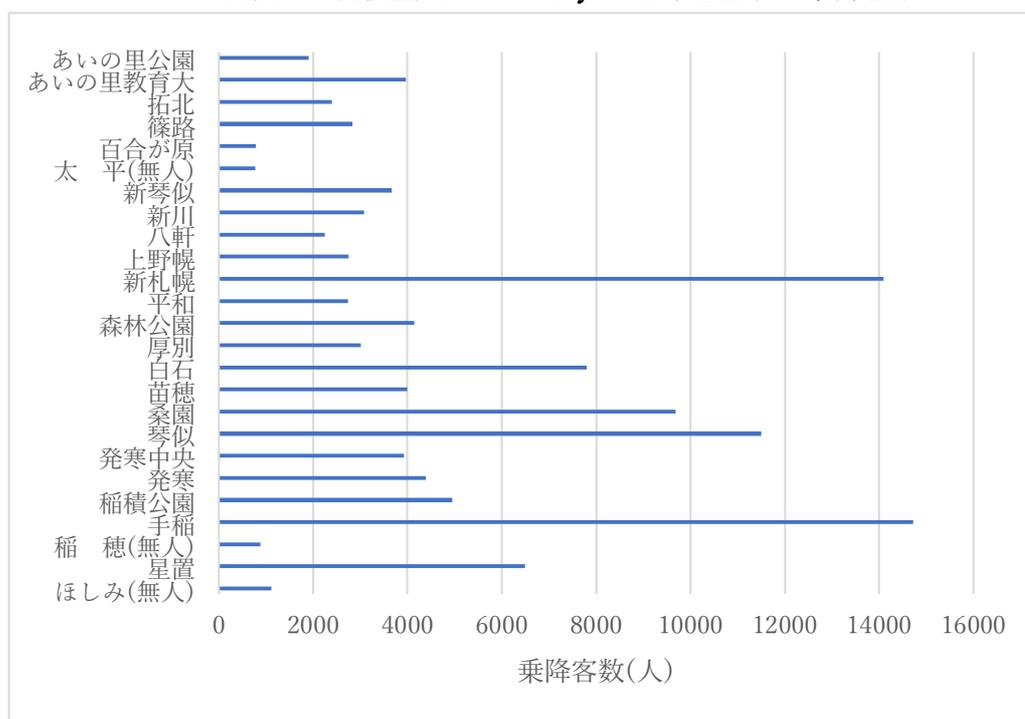
JR北海道の路線についてであるが、札幌市内には現在JR函館本線、千歳線、札沼線(学園都市線)の3路線が乗り入れていて、札幌駅を中心とし26駅が存在している。次に、JR北海道の路線と各交通モードとの接続についてであるが、市営地下鉄とは札幌駅、新札幌駅、琴似駅、新琴似駅(地下鉄接続駅は麻生駅)の4駅で接続している。また、地域の拠点となるバスターミナルは札幌駅、新琴似駅(バス接続は麻生バスターミナル)、新札幌駅の3駅に存在し、路線バス、高速バス、空港バスなどの発着の拠点になっている。路面電車とは、直接接続ができる駅は存在しないが、札幌駅から地下歩道を10分、距離にして約1kmほど歩いて乗り継ぎをすることができる。

JR北海道の利用状況については、図表1より札幌圏内の輸送人員は長期的に増加傾向で推移している。JRの輸送人員の増加は、沿線人口が増加していることも要因として考えられるが、訪日外国人観光客を含む来道者の増加による新千歳空港からの乗客と小樽方面への観光客の増加が主な要因になっている。その結果、札幌圏での輸送密度は15万人を超え、一時期の最悪の収支状況からは改善してきている。JR北海道の一番のターミナル駅である札幌駅については、図表2より乗降客数はここ25年で約1.5倍増加しており、近年も右肩上がりに上昇している。しかし、同じ期間でも札幌駅以外の駅については乗降客数の増加が起こっている駅が多いものの札幌駅ほどの増加は見受けられず、訪日外国人観光客増加の恩恵は受けられていない状況だと考えられる。ただし、一部の駅では乗降客数の伸びが見られる。これについては新札幌駅周辺や札沼線(学

園都市線)沿線の再開発による沿線人口の増加によるものだと考えられている。住宅については札幌都心部以外でも建設の動きが見受けられるが、観光ホテルや商業施設についてはいまだに札幌都心部に集中し、他の J R北海道や市営地下鉄の駅にうまく分散が図られていないと考えられる。

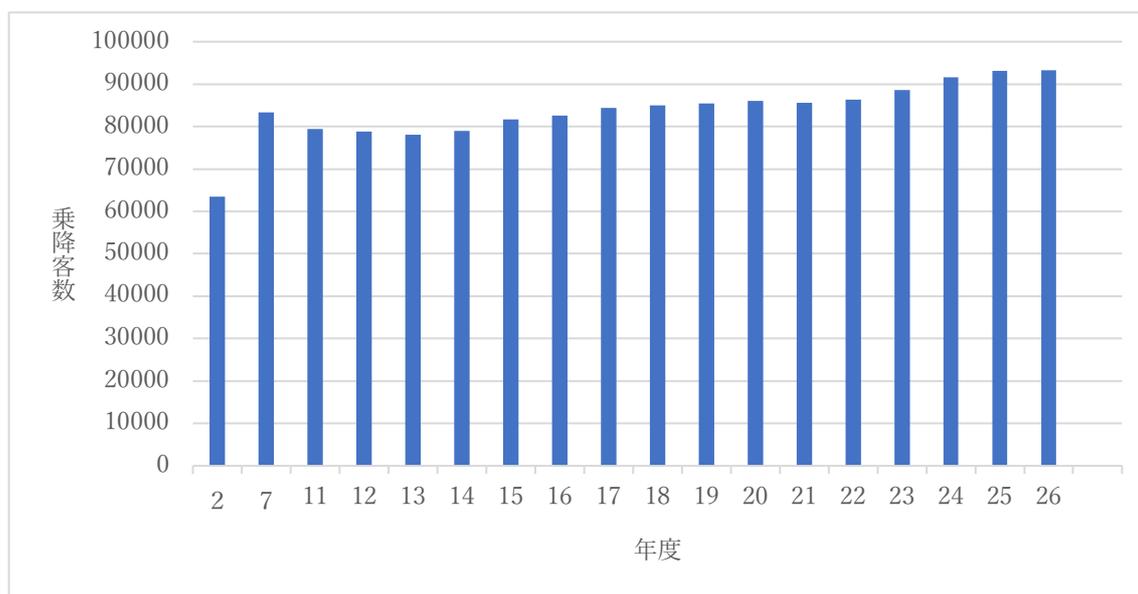
最後に、J R北海道における近年のアクセシビリティの改善施策についてであるが、札幌中心部については目立った大きな取り組みは存在していない。ただ、新千歳空港駅については、輸送需要増加によるエアポート増発や車両の長大編成化のために駅の移転も含めた大規模な改修を行うことが検討されている。しかし、現在は大規模な投資を伴う取り組みは行われておらず、主に業務効率化による経費削減を中心にした取り組みが多く行われている。先にも述べたが、平成 26 年度以降の乗客の伸び、鉄道運輸収入の伸びについてはアクセシビリティが改善されたことによるものではなくあくまでインバウンド需要の増加によるものだと考えられる。今後の課題は J R単独ではいかに札幌市営地下鉄や路線バスと協力して利便性向上を図っていくかである。特に運賃やフリー切符においてはまだ改善の余地があると考えられる。J R北海道、札幌市営地下鉄、路線バス、路面電車は現在、4つの交通モードの運営主体がそれぞれフリー切符を中心とした「お得な切符」を発行している。しかし、共通で使うことができる切符は存在しておらず、観光客や札幌都市圏外に住む市民にとって札幌都市圏の移動の利便性は決して高いとは言えない状態である。このような問題を解決することで、市民はもちろん今までレンタカーを利用して札幌都市圏を移動していた観光客が公共交通機関を利用して移動するようになると思われる。

図表 1 札幌圏内における J R北海道各駅の乗降客数



(出典) 札幌市 (2018) 「札幌の都市交通データブック」及び J R北海道を基に著者作成.

図表 2 札幌駅における乗降客数の推移



(出典) 札幌市 (2018) 「札幌の都市交通データブック」及び J R北海道を基に著者作成.

図表 3 札幌市の観光客数の推移

年度	観光客数 (千人)	対前年度増減 (千人)	増減率
2014 年度	13, 416	▲143	▲1. 1%
2015 年度	13, 653	237	1. 80%
2016 年度	13, 880	227	1. 70%
2017 年度	15, 271	1, 391	10. 00%
2018 年度	15, 846	575	3. 80%

(出典) 札幌市 (2019) 「2018 年度の来札観光客数の状況について」から引用.

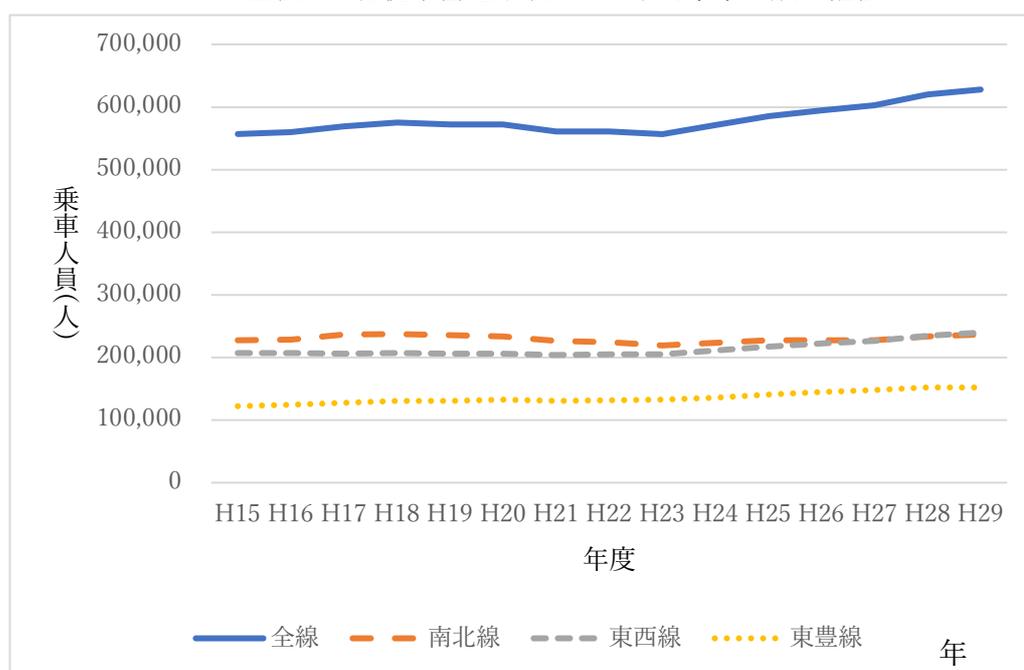
## 2-2 市営地下鉄

札幌市の地下鉄事業は車両や駅設備などの固定資本については札幌市が所有し、2000年4月より駅業務や忘れ物センター、定期券販売所の運営については、一般財団法人札幌市交通事業振興公社によって事業が展開されており、いわゆる上下分離方式が採用されている。

次に、市営地下鉄の利用状況について述べる。市営地下鉄による輸送人員は安定的に推移している。地下鉄は札幌市民によって通勤通学、買い物、レジャーなど日常生活のためになくはない存在である。従って、短期的には輸送人員に多少の変動はある

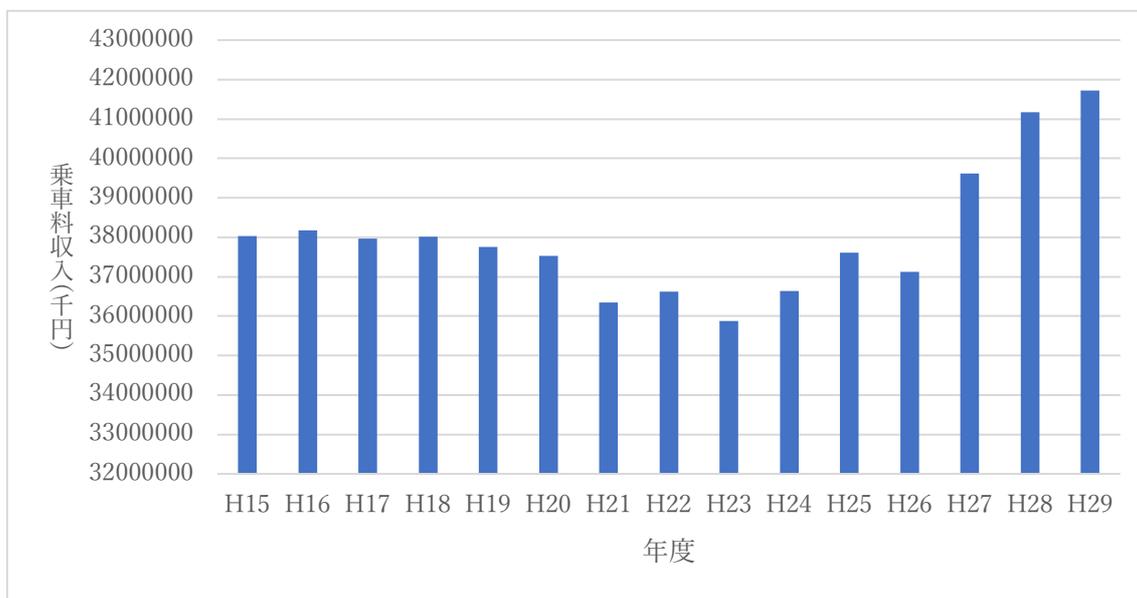
ものの、長期的には大幅に乗車人員が減少することはなく安定している。図表 5 より、市営地下鉄では全線で乗車人員が増加しており、平成 23 年以降 3 つの路線全てで定期収入、定期外収入どちらも増加傾向にあり合わせた乗車料収入もほぼ全ての年度において増加している。図表 4 より、平成 24 年度から東西線と東豊線では乗車人員が増加し、平成 28 年度から微差ではあるが、東西線については南北線の 1 日平均乗車人員を上回っている。東西線で乗車人員が増加したのは、東西線が東西に走る中央区で多くのマンションの建設が行われ、他の区と比較して住民の数が大きく増加していることに起因すると考えられる。また、東豊線についても乗車人員が増加しており、沿線住民の増加も要因として考えられるが、プロ野球観戦者を中心とした札幌ドーム（福住駅）の利用者が増加したことが要因だと考えられる。清田区では、J R 及び市営地下鉄が共に走っていないため、通勤通学にはマイカー通勤以外については、必ずバスを使って東豊線の終点である福住駅や東西線の大谷地駅までアクセスしなければならない状況にある。しかし、実際に利用してみると料金体系や接続の面で両者のアクセシビリティが高い状態だと言うことはできない。

図表 4 札幌市営地下鉄 1 日平均乗車人数の推移



(出典) 札幌市 (2018) 「札幌の都市交通データブック」及び札幌市と札幌市交通局を基に著者作成。

図表5 札幌市営地下鉄 乗車料収入の推移



(出典) 札幌市(2018)「札幌の都市交通データブック」及び札幌市と札幌市交通局を基に著者作成。

札幌市営地下鉄におけるアクセシビリティの改善施策としては、一つ目にパークアンドライド型の駐車場を導入していることである。市の公社や民間の商業施設が南北線沿線16駅のうち9駅、東西線の19駅のうち11駅、東豊線の14駅のうち2駅にそれぞれ設置している。それぞれの駐車場は一部については季節限定で利用できるものであるが、大規模な駐車場では360台収容可能であり、最も小規模な駐車場は11台が収容可能となっている。また、地下鉄利用者には割引がされており、月極で7,020円～13,370円で利用することができる。<sup>3</sup>

二つ目の改善施策として、札幌市営地下鉄の駅周辺には多くの駐輪場が設置されており、通勤通学の際に多くの市民によって利用されている。南北線、東豊線、東西線のそれぞれでさっぽろ駅を除く全駅に無料の駐輪場が設置されていることが特徴的である。ただ、札幌駅にも有料のものがあり、地下鉄の全ての駅に駐輪場が整備されている。しかし、まだまだ容量が不足しており、駅によっては常に満車状態で札幌市は今後整備を進めていく方針である。

今後の課題としては、冬場にいかに出発地から地下鉄駅までのアクセスを利便性の高いものにするか、そして地下鉄駅から目的地までのアクセスの利便性を高いものにするのかということである。夏場については、先に紹介したようにパークアンドライド型の駐車場や駐輪場に車両を停めてから地下鉄に乗って目的地を目指せば良いが、冬場になってしまうとパークアンドライド型で利用できない駐車場が発生したり、自転車が使えなくなってしまうので駐輪場が機能しないことになってしまう。このような中で、今後はより他の交

<sup>3</sup> 一般社団法人交通事業振興公社によると、「パークアンドライド」とは、自宅から地下鉄駅まで自動車を利用し、駅の近くに駐車(パーク)して地下鉄などの公共交通機関に乗り継いで(ライド)目的他に通勤・通学する方法のことをいいます。

通モードとの間で乗り継ぎや運賃など多方面で連携を深めることが冬場の地下鉄のアクセシビリティの向上につながると考えられる。

### 2-3 路線バス

平成16年までは市営バスが運行されていたが、段階的に全路線を民営バス会社5社に路線委譲が行われた。その際、民営バス会社に対して市が運行していた不採算路線の維持のために補助金が投入された。

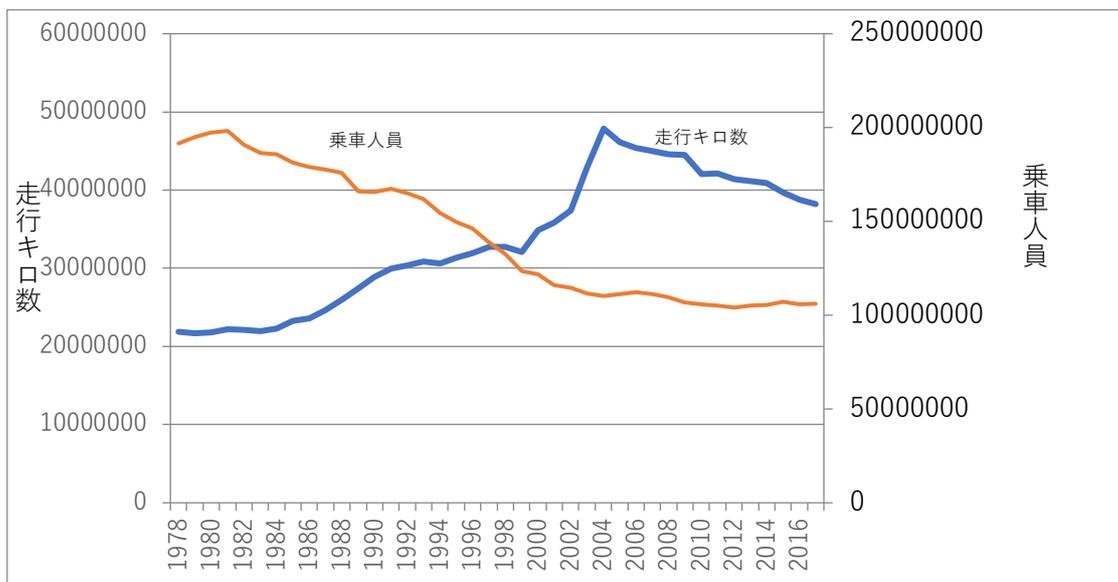
現在は主に民間の4社が札幌市内の路線バス事業を担っている。北海道中央バス、ジェイ・アール北海道バス、じょうてつ、夕張鉄道である。最初の2社は札幌市内で網羅的に路線を抱えている。また、じょうてつバスは南区の定山溪方面、夕張鉄道は札幌の東側の大麻・江別・岩見沢方面に向かう路線を中心に運行しており、市内から市外に走る長距離路線がメインになっている。

札幌市の人口は増加し続けているが、図表6からわかるように路線バスの利用者は平成に入って以降右肩下がりに減少を続けてきた。しかし、近年は走行キロ数が減っているものの、乗車人員自体は安定して推移している。不採算であったり、利用者の著しく少ない路線を整理することによって、経費の削減を図った可能性があると考えられる。地下鉄や路面電車と並行している路線もまだ数多く存在していることから、路線を整理する余地はまだあると考えられる。

発着便数は札幌駅周辺が最も多く、札幌駅前バスターミナル、南口、北口の3箇所の合計は1日あたり2,500便以上となっている。札幌市内完結の路線から空港連絡バス、都市間高速バスまで様々な路線の始発、終着地点となっている。次いで発着便数が多いのは、地下鉄とJRの乗り換え駅である新札幌バスターミナルで1,600程度となっている。また、札幌市の南東に位置し、北広島市と接する清田区では、住宅地であるものの札幌市で唯一地下鉄、JR路線が運行されていないため、札幌中心部を訪れる際に不可欠な移動手段となっている。このような路線については赤字路線ではあるものの、貴重な市民の足として維持していかなければならない現状がある。

最後にバスにおけるアクセシビリティの改善施策としては、図表7にある市営地下鉄との接続駅での乗り換えに際して乗り継ぎ割引制度を設けていることである。地下鉄の初乗り運賃が通常210円であるところを80円割り引く制度である。市民の移動費用の負担を軽減する目的で導入されている制度である。しかし、乗り継ぎ割引が適用される路線とそうではない路線が存在し、乗り換え案内にも表示されず実際にバスに乗車してからでないと気付くことが難しく、わかりにくい制度になっている。今後の課題は、乗り継ぎ割引や運賃制度をいかに分かりやすくしていくか、また他の交通モードとの重複路線をどのように整理していくのかであると考えられる。

図表6 札幌市におけるバス乗降客数の推移



(出典) 札幌市 (2018) 「札幌の都市交通データブック」を基に著者作成。

図表7 札幌市における地下鉄からバスへの乗り継ぎ運賃制度

地下鉄からバスへの乗り継ぎ運賃制度							
	1区	マル2区	2区	3区	4区	5区	6区
バス1区	340円	360円	380円	420円	460円	490円	510円
バス2区	370円	390円	410円	450円	490円	520円	540円

(出典) 札幌市交通局から引用。

## 2-4 路面電車

札幌市の路面電車は、札幌の繁華街である大通、すすきのが中心の電停となっており中央区役所や住宅街を結ぶなど中央区の住民の足となっている。これまでは札幌市が設備等を保有し運営を行ってきたが、令和2年4月1日から市営地下鉄と同様に上下分離方式に移行し、一般財団法人札幌市交通事業振興公社に運営が移行される予定である。上下分離方式を採用するメリットとして、経費、人件費の削減による収益性の増加や安全管理体制の維持、継続、そして新たな事業展開による収益性向上や利用者の利便性向上を挙げている。運行水準や運賃についてはこれまでと同程度を維持していく模様で、市民の足としての利便性が損なわれることはないとしている。

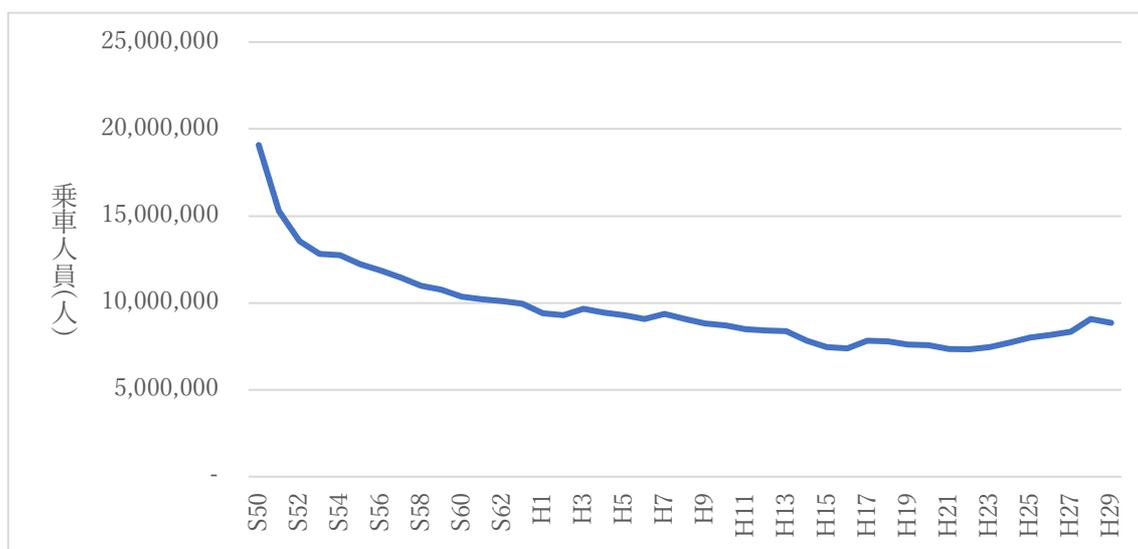
次に、路面電車事業の実績について分析していく。図表8及び図表10より、平成20年後までは乗車人員、乗車料収入ともに顕著に減少傾向が見られた。しかし、平成26年以降は両者ともに上昇傾向にある。これは、路面電車のループ化事業の影響である可能性が高い。ただ、この増加傾向については一時的なものである可能性が高く、さらに乗車人員、乗

車料収入が伸びるのかは不透明な状況である。

路面電車のアクセシビリティ改善施策としては、先にも述べた平成 27 年 12 月にループ化が果たされたことである。西 4 丁目とすすきのの停留場の約 400m の区間がつながり、内回り（反時計回り）と外回り（時計回り）の運行が開始された。また、これまでは西 4 丁目、すすきの、いずれかの停留場から徒歩で行かなければならなかった狸小路に停留場が新設され、札幌で一番大きな商店街へのアクセスが改善された。その結果、利用客数は冬場において平成 26 年度と比較すると平成 27 年度では前年から利用者が 1 割程度増加している。また、1 日当たり平均 2,000 人程度の利用客数が増加を達成している。ただし、主に今まで利用していなかった沿線市民の定期的な利用が増加したのであり、観光客の利用など不定期利用が増えたわけではないと考えられる。今回の事業では、ループ化が達成されたが今後は札幌駅方面や大通東側への延伸についても議論が進んでいる。しかし、延伸についてはループ化より事業規模が大きいため、実現するかは不透明である。

今後の課題としては、さらなる軌道延伸や料金体系、他の交通モードとの連携について考えていく必要がある。特に運営主体が同じ地下鉄とは現状バスと同様の乗り継ぎ割引制度があるのみでより一体となった料金制度の構築を考えていく必要がある。

図表 8 札幌市電における乗車人員の推移



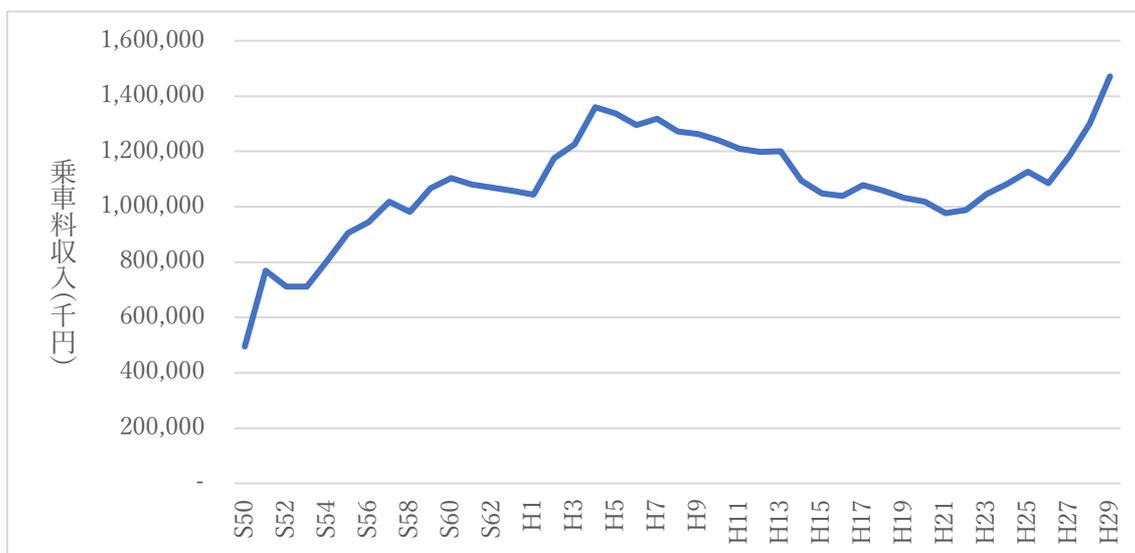
(出典) 札幌市 (2018) 「札幌の都市交通データブック」及び札幌市と札幌市交通局を基に著者作成。

図表 9 札幌市における地下鉄から路面電車への乗り継ぎ運賃制度

地下鉄から路面電車への乗り継ぎ運賃制度				
	1 区	マル 2 区・2 区	3 区	4 区
地下鉄	330 円	370 円	410 円	450 円

(出典) 札幌市交通局から引用。

図表 10 札幌市電における乗車料収入の推移



(出典) 札幌市 (2018) 「札幌の都市交通データブック」及び札幌市と札幌市交通局を基に著者作成。

## 2-5 札幌市の自動車の現状

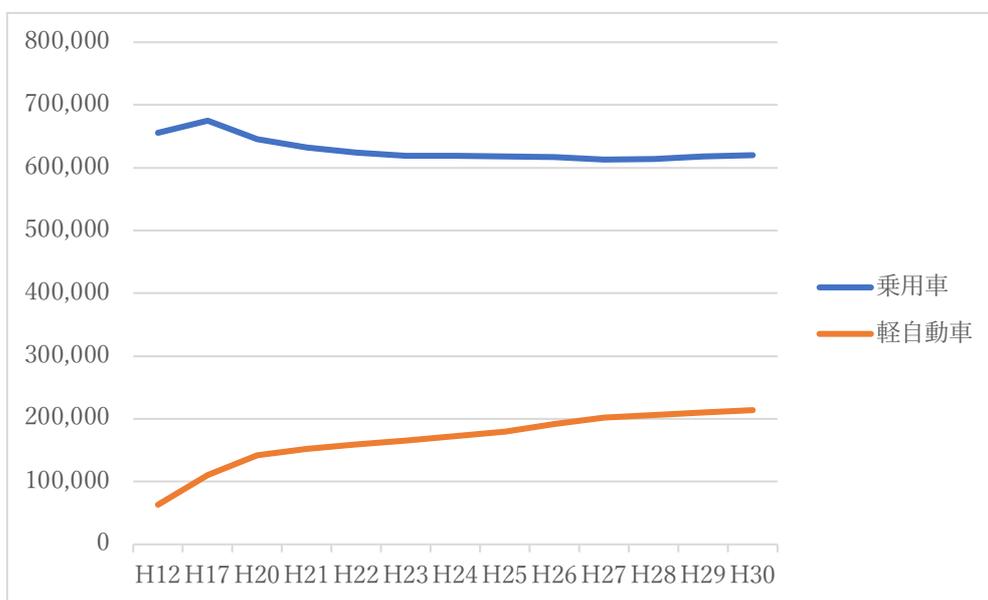
札幌市では、図表 11 からわかるように乗用車の保有台数が平成 17 年ごろから緩やかに減少していたが、平成 23 年ごろからは安定した推移となっている。全国的には、平成 17 年ごろからの時期には乗用車の保有台数は増加しており札幌市の推移は逆の動きとなっている。この時期には先にも触れた通り、札幌市が市バスの事業を廃止し民営事業者によるバス事業が移譲された時期と重なっている。また、路線の変更などが行われた時期にあたり、何らかの影響があった可能性がある。ただ、一人当たり保有台数については平成 12 年から平成 30 年までで 0.3 台ほど増えており、札幌市がさらに車社会に進んでいるということがよくわかる。また、札幌市の軽自動車の保有台数については右肩上がりで増加している。全国的にも軽乗用車は普通乗用車より税金が安く、扱いやすくもあるため保有台数が増加していると考えられる。<sup>4</sup>

続いて札幌市の道路の状況であるが、冬場になると路面や視界の状況が悪くなることもあって札幌の各所で深刻な渋滞が発生する回数が増えている。図表 14 は、札幌市の主要道路にセンサーを設置して混雑状況について調査をしたものである。この調査から、株式会社ドーコン(2008)によると、札幌の幹線道路の渋滞の傾向は、夏期には通勤通学の時間帯などに定常的な渋滞が発生するが、冬期になると突発的かつ面的な渋滞が発生し、渋滞が広範囲に波及するということである。このような渋滞は、毎年 11 月下旬から 3 月末頃までの積雪時になると、通行可能な車線が減少したり、速度低下が著しくすることに

<sup>4</sup> 全国軽自動車協会を参照。 <https://www.zenkeijikyo.or.jp/statistics/4own>

よって発生する。一旦渋滞が発生してしまうと、渋滞は長時間解消されず、目的地に時間通りに到達することが難しくなり、幹線道路の利便性が低下してしまう。また、多くの幹線道路は札幌中心部を通過もしくは起点としているため、札幌中心部から郊外に走る路線バスは冬場になると定時性が担保されず、公共交通の利便性にまで影響を及ぼしている現状がある。特に、図表 14 から路線バスの通行量の多い国道 36 号線、石山通り、環状線では夏冬を問わず慢性的な渋滞が発生していることがわかる。これに対して札幌市は路線バスの定時性の確保を目的として国道 36 号線の 45 交差点 10.3 km に P T P S<sup>5</sup>を導入することによって、導入前と比較して所要時間が約 4 分短縮した。<sup>6</sup>

図表 11 札幌市におけるマイカーの保有状況の推移

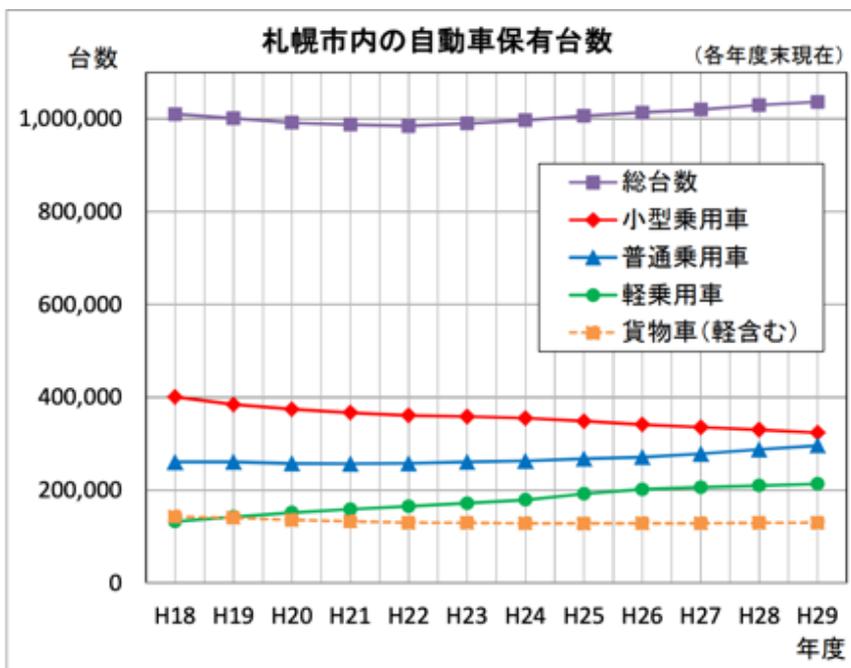


(出典) 札幌市 (2018) 「札幌の都市交通データブック」を基に著者作成。

<sup>5</sup> PTPS(Public Transportation Priority Systems)とは、公共車両優先システムのことである、信号システムやバスレーンを違法に走行する車両を警告することで公共車両の通行をスムーズにしようとするシステムのことである。

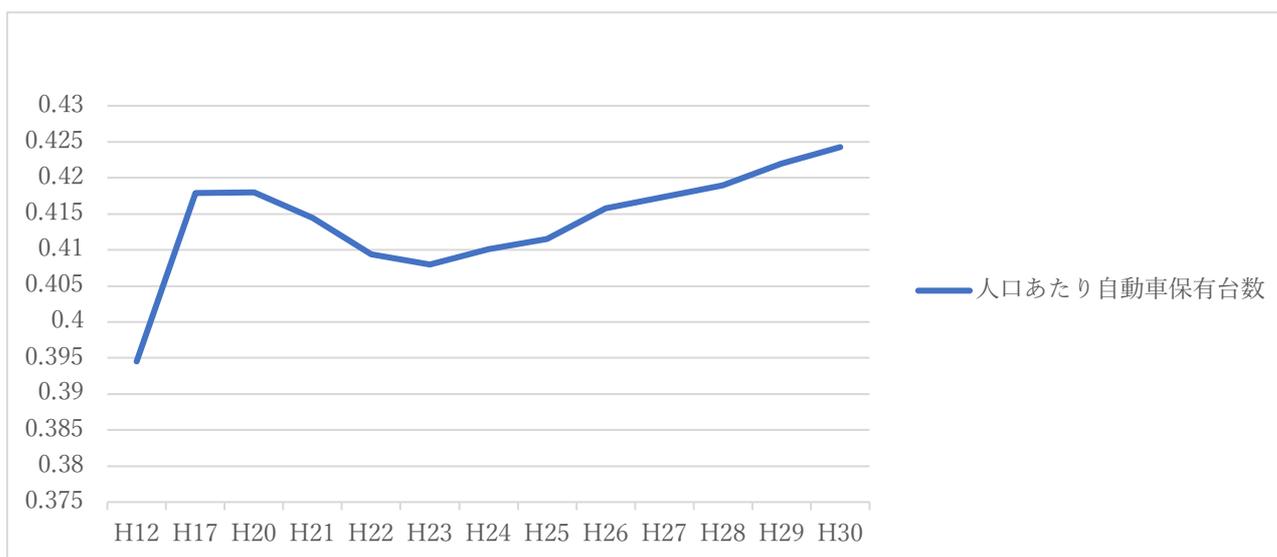
<sup>6</sup> 北海道バス協会「北海道のバス事業の歴史」の第 15 章より引用。

図表 12 札幌市における車両の保有状況の推移



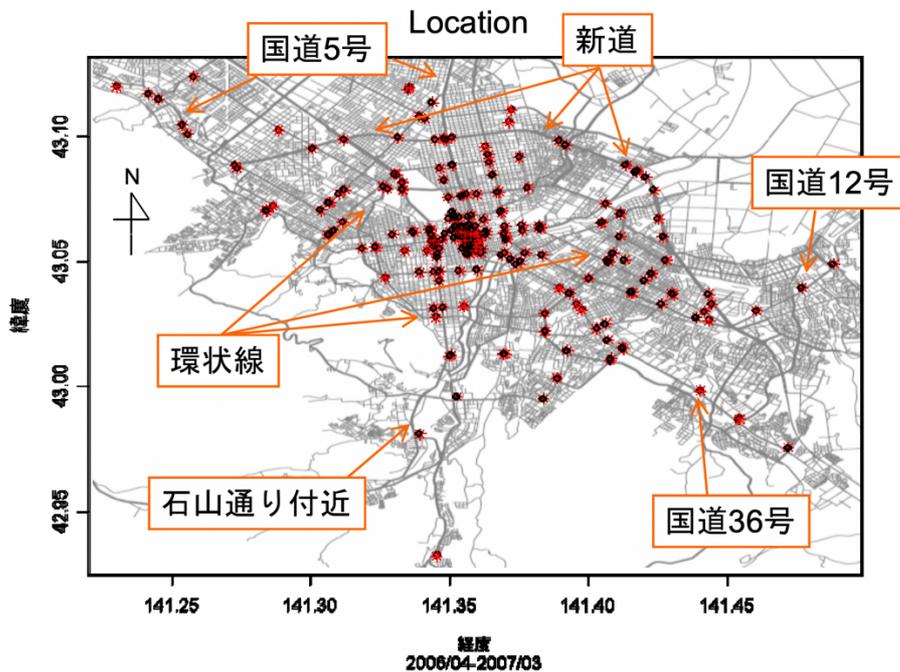
(出典)札幌市「札幌市内の次世代自動車保有台数について」から引用。

図表 13 札幌市における一人当たりマイカー保有台数の推移



(出典) 札幌市 (2018)「札幌の都市交通データブック」を基に著者作成。

図表 14 札幌市内における幹線道路の渋滞状況



(出典) 株式会社ドーコンより引用.

### 3、交通モード選択と天候の関係性に関する先行研究の分析

#### 3-1 先行研究の分析について

本章では、交通モードごとに天候や気温が交通モードの選択に対して与える影響について以下の4つの観点から先行研究を分析していく。特に、雪が発生した状態や、気温が低い状態といった悪天候時における人々の交通モードの選択と天候・気温にどのような関係性があるのかについて分析していく。

一つ目は、悪天候や低気温と車の選択の関係性についてである。悪天候に陥った際には人々はよほどの大雪や冠水するほどの大雨などでない限り外出すること自体を止めずに、普段は自転車や徒歩で訪れる場所には自家用車に変更して移動するというのが多くの人にとる行動だと考えられる。悪天候の際にはこのように車が増加することによって、慢性的な渋滞や事故が発生していることは明白であり問題となっている。

二つ目として、悪天候や低気温と交通モードの選択の関係性についてである。主に公共交通機関に分類されるものとしては大きく分けて以下のものがあげられる。鉄道・軌道、自動車、船舶、航空である。本章では、特に鉄道、地下鉄、路線バスを公共交通機関として、悪天候や低気温時にどのように選択が変わるのかを分析していく。悪天候になった際、鉄道や地下鉄を選択する人は増加する可能性も減少する可能性もあると考えられる。増加する可能性としては、普段自転車や徒歩で移動している人々が悪天候や低気温によって、鉄道や地下鉄、路線バスなどの公共交通機関を利用して移動する場合である。特に、普段通勤通学で

駅まで徒歩や自転車で移動している人については、悪天候の際には路線バスを利用して移動する可能性が高くなると考えられる。そして、減少する可能性としては、家や学校、職場などから駅やバスの停留所までの距離が長く、悪天候の際には徒歩や自転車で到達することができないため、出発地から目的地まで直接マイカーを利用して移動する場合である。また、単純に悪天候によって、トリップ数自体が減少するため公共交通機関の利用が減少する可能性もある。

三つ目として、悪天候や低気温時に交通モードとして自転車の選択がどのように変わるのかを分析する。天候が悪化すると自転車を選択する人が減少することは言うまでもない。少なくとも、日本国内では傘をさしながら自転車を運転することは禁止されており、雨合羽を着ることで雨風を凌ぎ運転するしか手段はない。このような状態は交通モードとしての利便性が著しく低く、利用する人は少ないと考えている。ただ、天候によって自転車の利用が減少することはあっても低気温時に自転車の利用がどのように変化するのは予想することが容易ではない。

四つ目として、悪天候や低気温時に徒歩を選択する人がどのように変わるのかについて分析する。悪天候の際には、徒歩を選択する可能性は増加する場合も減少する場合もあると考えられる。これは、他の交通モードの選択に依存する。例えば、増加する場合としては、悪天候時に普段は自転車を使って目的地ないし駅などに移動している人が徒歩で移動する場合やある程度の距離であれば渋滞を見越して車ではなく徒歩と自転車を組み合わせて移動する場合などが考えられる。また、悪天候時に、移動を控える場合や公共交通機関、自家用車を利用して移動する場合には徒歩での移動が減少することが考えられる。交通機関の利便性の高い都市、マイカーをほとんどの世帯で保有している都市などでは減少する可能性の方が高いと考えている。

以下では、海外の文献で行われた研究を分析することで、最終章における提案の中で悪天候、低気温の際に公共交通機関のアクセシビリティを改善するための方策に活かそうと考えている。

### 3-2 気温と交通モード選択についての先行研究

悪天候を定義すると、気温が低い状態、雨、雪が断続的に降り続けている状態など様々であるが、ここでは人々が移動をする際に不快だと感じる天候を「悪天候」と考えていくこととする。まず、気温と交通モードの選択の関係性について分析していく。

Liu et al.(2015)では、1日当たりに個人が平均でどの程度各交通モードを使用しているかと気温の関係性について示している。1日当たりに個人が平均でどの程度交通モードを使用しているかについては、純粋にどの程度トリップ数があるかと利用する交通モードの構成比(%)で示されている。前者では、気温が低くなるにつれてサイクリングを利用する人は減少する傾向にある。逆に、気温が低くなるにしたがって歩行者及び自家用車、公共交通機関の利用は増加していく傾向にある。そして、後者では、気温が低くなるにつれて

自転車によるトリップの割合は減少していることがわかる。また、気温が低くなるにつれて歩行、自家用車によってトリップをする割合は増加する。そして、公共交通機関についてであるが、0°C~10°Cを中心に気温が低下、上昇するに従ってトリップをする割合が増加している。

また、Saneinejad et al(2012)では、トロントにおける自家用車、公共交通機関、自転車、歩行の各輸送モードに対する天候の影響を調査している。歩行は1~5°Cの温度にのみ敏感に反応して減少する。さらに、同じ温度帯の場合、自転車は一般に気温の影響を受けにくく、歩行の2倍の寒さの影響を受ける。15°Cを超える温度では自転車の移動が温度の影響を受けにくくなり、1°Cを下回る温度では自転車は影響を受けやすく実用性が低下する。車に乗っているメリットは温度が上昇すると徐々に低下する。ただし、車では10°Cを超える温度ではほとんど温度による影響を受けない。

また、Liu et al.(2015)、Sabir(2011)などでは、オランダ、カナダ、スウェーデンの各国で自転車の使用は温度が25°Cに達するまで温度と正の相関があることが示されている。そして、自転車の使用温度が25°Cを超えると減少していくことがわかっている。

Cools.M et al.(2010)によると、レジャーでの極端な温度の影響は、買い物での影響と非常に似ていることがわかっている。極端な温度を比較することで、氷点下の寒い気温の時よりも28°C以上の暖かいときに買い物をする人が交通手段を変更するという傾向があるということがわかっている。

Böcker.L et al.(2016)では、一般的に移動中には、人々は気温が15~20°Cで最も快適であると認識しており、0~5°Cで「寒すぎる」、および25~30°Cで「暑すぎる」と感じるということを示している。

Sabir(2011), Aaheim and Hauge(2005)では、気温の上昇によって、自転車や歩行といった移動手段の利用を増加させ、自家用車や公共交通機関による移動を減らす傾向にあることを明かしている。

Phung and Rose(2008), Ahmed et al.(2010), Thomas et al.(2013), Böcker and Thorsson(2014)などでは気温が氷点下になると、歩行者と公共交通機関のシェアは増加するが、車の使用量は減少するというを示しており、滑りやすい道路状況に関する可能性があるということを指摘している。

Guo et al.(2007)では、図表15より、春・秋・冬における強風、寒さなどの悪天候、冬の降雪、全ての季節における雨がバスをはじめとした各交通モードに悪影響を指摘している。

また、Aultman- Hall et al.(2009)及び Montigny et al.(2012)によると、歩行の回数が気温と正に関連していることが指摘されている。

図表 15 天候がバスシステムに与える影響

Bus System (01/2001 ~ 05/2004)	Saturday		Sunday		Weekday	
	Adjacent Day	Normal-Extreme	Adjacent Day	Normal-Extreme	Adjacent Day	Normal-Extreme
Intercept	--	15271 (1.4)	--	10077 (1.5)	--	--
Rainfall	<b>-40477 (-6.0)</b>	<b>-88335 (-2.6)</b>	-11930 (-1.4)	--	<b>-16283 (-1.9)</b>	<b>-21922 (-3.0)</b>
Heavy Rainfall	<b>-38672 (-2.2)</b>	45065 (1.3)	--	<b>33617 (1.8)</b>	-18969 (-1.0)	--
Snowfall	--	<b>-68896 (-1.8)</b>	<b>-10287 (-2.8)</b>	<b>-9650 (-2.2)</b>	<b>-11202 (-2.0)</b>	<b>-188080 (-4.0)</b>
Big Snow	--	61441 (1.6)	--	--	--	<b>183135 (3.9)</b>
Wind Speed	<b>-2747 (-4.9)</b>	<b>-1204 (-2.0)</b>	<b>-1148 (-3.1)</b>	<b>-786 (-2.2)</b>	<b>-1229 (-2.4)</b>	<b>-723 (-3.8)</b>
Strong Wind (>25miles/hour)	-17921 (-1.3)	--	--	--	--	--
Fog	--	--	11286 (1.6)	--	17784 (1.2)	--
Departure of Temperature	<b>962 (3.4)</b>	<b>1087 (2.4)</b>	--	<b>652 (2.5)</b>	<b>692 (2.4)</b>	370 (1.1)
Cold	--	--	<b>1299 (4.4)</b>	<b>1214 (2.0)</b>	--	1114 (1.3)
Hot	--	-862 (-1.1)	<b>1025 (3.7)</b>	--	--	--
Spring	--	--	--	--	--	--
Summer	--	--	--	--	--	7891 (1.3)
Fall	--	--	--	--	--	--
Winter	--	--	--	7151 (1.5)	<b>17725 (2.2)</b>	<b>19293 (3.0)</b>
Adjusted R <sup>2</sup>	0.536	0.319	0.363	0.338	0.047	0.055
# of Observations	110	138	123	148	567	709

(出典) Guo et al.(2007)より引用.

最後に、Sabir(2011), Creemers et al.(2014)によると、降水量は自転車にマイナスの影響を与え、公共交通機関の利用にプラスの影響を与える。また、昼間の晴れの天気は、輸送モードの選択に明確に有意な影響を与えない。暗闇の中では、自転車の使用を減らして自動車の使用が増加することが観察されている。気温は輸送モードの選択に非線形効果をもたらすことがわかっている。人々にとって快適に移動できる 20~25°Cの温度と比較すると、気温の低い状況の時には、自転車にマイナスの影響を与え、歩行や公共交通機関の使用にプラスの影響を与えるとしている。

これらの論文から交通モード別に気温と交通モード選択の関係性について分析していくと、自転車の利用については気温が低下した場合には、選択される可能性が低くなるということがわかった。逆に気温が上昇した場合には、一定の気温までは自転車の利用が増加するということがわかった。雨や雪によって自転車の利用が減少することは容易に想像がつくが、多くの論文の中で低気温が自転車の利用を減少させることが指摘されていることは非常に興味深い。ただし、一定の気温より高くなった場合には自転車の利用が再び減少していくということがわかった。気温が極端に高い場合には健康上のリスクがあったり、極端に低いと路面凍結が発生するなどのリスクがある。また、歩行よりも自転車の方がより気温の低下の影響を受けやすいということも判明した。自転車については気温がモード選択の決定に深く関わっている可能性があるということがわかった。このような場合には自転車の利用を避け、他の交通モードに乗り換えて移動する可能性が高いということが先行研究から明らかになった。

歩行については、一般的には気温と歩行は正の関係性があると指摘している研究が多いが、気温が低下した際に増加する場合はあれば減少する場合どちらの可能性もあるということがわかった。増加する場合としては、晴天時に自転車を利用して移動していた人々が悪天候

の影響を受けて歩行によって移動するようになった可能性があると考えられる。また、減少する可能性としては、車や公共交通機関など他のより快適な交通モードを利用して移動する人が増加している場合がある。

自動車については、気温が低下した場合には一定の気温までは利用する人が増える可能性が高いと考えられる。ただ、0°C以下になると車による移動が減少する可能性について指摘されている。これは、気温が0°C以下になると霜が降りたり降雨によって路面が濡れてしまった場合には、路面凍結が発生する可能性があるからだと考えられる。過去の先行研究からは温度によって車という交通モードが決定的に選択されるかは明らかにはなっていない。

公共交通については、気温との間に負の関係性があるということが明らかになっている。これは、先に述べたとおり気温の低下によって自転車や歩行が選択される可能性が減少したからだと考えられる。特に都市部においては天気が良い場合には一駅間は1~2kmの場合が多く、歩行や自転車で短時間の移動をするが、天候が悪化すると短距離であっても公共交通で移動する可能性がある。

### 3-3 天候と交通モードの選択の関係性についての先行研究

次に、天候と交通モードの選択の関係性について分析していく。

Liu et al.(2014)の研究では、気象データと移動の際の交通モード、目的地、出発地、目的地、世帯のデータから気候と行動の関係性について分析している。その中で、風の強い日、雪の多い日、雨の日になるとそれぞれ非通勤者についてトリップ数が減少することを明らかにしている。また、雨や雪などの悪天候の日になると速度低下と移動時間の増加が発生している。

Saneinejad et al(2012)では、すべてのモードにおいて降水量が減少した場合にはトリップ数が1%から1.7%増加し、降水量が増加した場合にはトリップ数は1%から1.9%減少することを示している。

Sabir(2011)によると、図表16及び図表17で示されているように、人々は雨の日に歩行や自転車から自動車や公共交通機関に乗り換える傾向があった。そして、雪は車での移動距離を減らし、歩く距離が増加することが明らかになっている。

降水量と風速に関しては、Phung,Rose(2008),Sabir(2011),Böckerand, Thorsson(2014), Creemers et al.(2014), Liu et al.(2015)によると、歩行と自転車の選択に対する線形のマイナスの影響と、自動車の使用に対するプラスの影響について研究がある。

Cools(2009),Hanbali,Kuemmel(1993), Maze,Agarwai,Burchett(2006)によると降雪が発生すると、最大70%の交通量の削減が起こることがわかっている。また、降水量は平日の交通量に5%未満といったわずかな減少をもたらす。Chung et al(2005),Kim et al(2010)によると週末の交通量に5%以上の交通量の減少を引き起こす。Brilon,Geistefeldt,Regler(2005)によると、雨の日については道路の交通許容量が低下する。降水に代表される悪天候は自動車の速度を2~12%の範囲で低下させることがわかっている。

図表 16 悪天候が各交通モードで移動する距離に与える影響

Table 3.2: Impacts of weather conditions on daily distance travelled per person (percentage changes in daily average distance)

		Wind Strength	Temperature				Precipitation			Snow	Visibility	Seasonal		
		Wind Bft	≤ 0° C	10° C to 20° C	20° C to 25° C	> 25° C	Minutes	Up to 0.1 mm	> 0.1 mm	Dummy	< 300m	Summer	Autumn	Winter
Analysis I	All Trips	<b>-7.41</b>	<b>-2.70</b>	<b>3.56</b>	<i>1.56</i>	<b>-7.25</b>	-0.76	<b>-0.19</b>	-0.10	<b>-8.59</b>	2.07	0.57	<b>4.58</b>	<b>-4.20</b>
Analysis II	Walking	-8.0	<b>38.0</b>	<b>-14.0</b>	<b>-30.0</b>	<b>-60.0</b>	4.0	<b>-2.0</b>	2.0	<b>90.0</b>	30.0	<b>-16.0</b>	<b>-14.0</b>	<b>18.0</b>
	Bicycle	<b>-13.04</b>	<b>-13.04</b>	<b>22.17</b>	<b>49.57</b>	<b>57.83</b>	<b>-19.57</b>	<b>-1.74</b>	<b>-11.74</b>	-10.00	1.74	<b>8.26</b>	<b>6.96</b>	<b>-26.09</b>
	Car	<b>-3.86</b>	<i>1.80</i>	<b>-1.18</b>	<b>-6.71</b>	<b>-13.90</b>	<b>3.68</b>	<b>0.09</b>	<b>2.28</b>	<b>-11.49</b>	-1.80	<b>1.36</b>	<i>0.83</i>	<b>-2.72</b>
	Bus/Trams/ metros	<b>-18.67</b>	<i>7.33</i>	<b>-3.33</b>	<b>-14.67</b>	<b>-18.00</b>	0.67	<b>0.33</b>	<i>3.33</i>	<b>-18.00</b>	19.33	<b>-14.67</b>	<b>9.33</b>	<b>9.33</b>
	Train	-6.39	-1.94	0.56	-5.28	-11.95	2.50	-0.03	-1.11	-14.72	23.89	<b>-10.28</b>	<b>13.33</b>	4.72
	Other	0.43	<b>-17.14</b>	<b>18.57</b>	<b>25.71</b>	<b>28.57</b>	<b>-12.86</b>	<b>-0.43</b>	<b>-8.57</b>	-10.00	<i>-27.14</i>	2.86	-1.43	<b>-11.43</b>
Analysis III	Commuting	<b>-4.92</b>	<b>6.56</b>	-0.49	<b>-10.00</b>	<b>-14.10</b>	<b>3.94</b>	<i>-0.16</i>	<b>5.58</b>	<b>-10.82</b>	<b>33.46</b>	<b>3.12</b>	<b>14.92</b>	0.16
	Business	-5.91	-4.09	0.91	0.45	4.09	2.27	<i>0.23</i>	2.27	-14.54	-6.82	<b>-9.54</b>	<b>5.45</b>	1.36
	Shopping	<b>-2.70</b>	<b>1.89</b>	0.11	<b>-1.08</b>	<b>-6.75</b>	<b>2.16</b>	<b>-0.05</b>	<b>1.89</b>	<b>-4.05</b>	<i>-3.24</i>	<b>4.05</b>	<i>-0.54</i>	<i>-0.54</i>
	Recreational and Sports	-0.82	<b>-2.65</b>	<b>4.08</b>	<b>6.73</b>	<b>11.42</b>	<b>-1.63</b>	<b>-0.20</b>	<b>-2.65</b>	<b>12.85</b>	-3.67	-0.20	<b>-1.02</b>	<b>-4.28</b>
	Educational	-0.17	-0.42	<b>-0.42</b>	<b>-1.25</b>	<b>-1.67</b>	-0.42	0.001	-0.04	-0.83	0.83	<b>-3.33</b>	<b>1.67</b>	<b>0.42</b>
	Visiting family & Friends	-1.05	-1.23	<b>3.33</b>	<b>5.44</b>	<b>8.24</b>	<b>-3.33</b>	-0.02	<b>-2.10</b>	0.70	<b>2.10</b>	<b>4.03</b>	<b>-3.33</b>	<b>-2.98</b>

Notes:  
The figures indicate changes in average distance (Km) per person per day. The numbers in bold and italic are significant at 5% and 10% level of significance, respectively. The reference categories for wind, temperature, precipitation (mm), snow, visibility and seasonal variables are, respectively, wind strength greater than 6 Bft, temperature between 0° C to 10° C, no precipitation, no snow, visibility greater than 300 metres, and spring.

(出典)sabir(2011)より引用.

図表 17 悪天候が日常のトリップ数に与える影響

Table 1: Impacts of weather conditions on individuals' daily trips (percentage changes in number of trips)

		Wind Strength	Temperature				Precipitation			Snow	Visibility	Seasonal		
		Wind Bft	≤ 0° C	10° C to 20° C	20° C to 25° C	> 25° C	Minutes	Up to 0.1 mm	> 0.1 mm	Dummy	< 300m	Summer	Autumn	Winter
Analysis I	All Trips	<b>-2.04</b>	-0.20	0.27	-1.17	<b>-4.87</b>	<b>-0.16</b>	<b>-0.74</b>	-0.63	<b>-3.88</b>	2.31	<b>-3.36</b>	<b>6.65</b>	<b>-6.84</b>
Analysis II	Walking	<b>-3.15</b>	<b>12.56</b>	<b>-2.60</b>	<b>-5.47</b>	<b>-9.58</b>	<b>-0.25</b>	-0.65	<i>-1.61</i>	1.38	3.38	<i>-1.83</i>	<b>-4.10</b>	-4.10
	Bicycle	-1.59	<b>-7.76</b>	<b>9.19</b>	<b>18.11</b>	<b>21.95</b>	<b>-0.73</b>	<b>-5.20</b>	<b>-7.89</b>	-4.08	-6.27	<b>3.66</b>	<b>3.00</b>	<b>-14.76</b>
	Car	<b>-2.07</b>	-1.40	<b>-3.90</b>	<b>-8.47</b>	<b>-14.80</b>	<i>0.06</i>	<b>0.68</b>	<b>2.85</b>	-2.75	4.11	<b>2.05</b>	<b>3.58</b>	-1.23
	Bus/Trams/ metros	<b>-21.73</b>	<b>16.88</b>	<i>-3.44</i>	<b>-12.90</b>	<b>-19.62</b>	<b>0.26</b>	<b>6.19</b>	<i>4.73</i>	<b>-14.97</b>	43.15	<b>-14.39</b>	2.35	<i>4.52</i>
	Train	-2.30	1.21	-2.21	<b>-7.19</b>	-10.45	-0.05	0.61	2.90	-10.19	11.88	<b>-10.65</b>	<b>4.41</b>	-0.79
	Other	-1.64	-1.22	<b>12.32</b>	<b>10.97</b>	<b>17.53</b>	<b>-0.28</b>	<b>-4.11</b>	<b>-8.30</b>	-11.12	-8.75	4.02	<i>-4.04</i>	<b>-12.47</b>
Analysis III	Commuting	-1.07	-10.94	0.53	-0.48	-3.86	-0.09	-1.038	<i>-2.11</i>	6.77	4.19	<b>-19.42</b>	<b>10.13</b>	<b>-6.33</b>
	Business	-2.46	-12.66	-1.73	<i>-6.88</i>	<b>-13.69</b>	-0.06	0.24	0.54	8.34	-7.80	<b>-7.37</b>	1.17	-0.74
	Shopping	<b>-5.50</b>	<b>4.64</b>	-0.05	-1.43	<i>-4.75</i>	<b>-0.19</b>	<b>1.32</b>	1.00	-9.40	-0.47	<b>13.71</b>	0.35	-0.74
	Recreational and Sports	-0.19	<b>-4.37</b>	<b>5.17</b>	<b>10.23</b>	<b>8.26</b>	<b>-0.36</b>	<b>-2.64</b>	<i>-1.45</i>	<b>10.39</b>	-4.54	<b>-5.07</b>	<b>-3.47</b>	<b>-10.01</b>
	Educational	-1.65	5.11	<b>-2.68</b>	<b>-5.72</b>	<i>-7.25</i>	-0.01	<b>-1.90</b>	<b>-3.22</b>	<b>-9.16</b>	1.17	<b>-45.17</b>	<b>6.47</b>	-0.83
	Visiting family & Friends	<b>-3.24</b>	6.25	0.80	1.89	<b>7.97</b>	<b>-0.26</b>	<b>-3.99</b>	<b>-6.05</b>	-3.19	<i>9.44</i>	<b>4.75</b>	<b>-3.59</b>	<b>-10.28</b>

Notes:  
The figures indicate the percentage change in daily number of trips made per person per day. The bold and italic numbers are significant at the 5% and 10% level of statistical significance, respectively. The reference categories for wind, temperature, precipitation (mm), snow, visibility and seasonal variables are, respectively, wind strength greater than 6 Bft, temperature between 0° C to 10° C, no precipitation, no snow, visibility greater than 300 metres, and spring.

(出典)sabir(2011)より引用.

Guo et al.(2007)によると気温、雨、雪、風においてシカゴ交通局の乗客に影響を与えていることが確認された。天気が良いと乗客数が増えることがわかっている。

様々な気象条件を比較すると、雪が最も影響を与えることがすぐにわかります。そして、雪が移動に及ぼす影響については、特定の交通機関だけでなく、交通モード同士のネットワークにも影響を与えていることが明らかになっている。Hanbali,Kuemmel(1993)によると、米国の主要な都市中心部から離れた高速道路では、降雪の度合いに応じて 7%から 56%の範囲で、交通量が減少する。寒い気温と暖かい気温の両方は通勤行動への影響が少ないように見えるが、嵐、霧、大雨は主に出発のタイミングなど移動するタイミングに対して影響を与えている。通勤の場合よりも、さまざまな気象条件の比較から最も顕著な結果は雪が買い物

における移動に最大の影響を与える。回答者の約 70%が買い物を延期し、同じ割合で買い物での外出を取りやめる。雪の影響に加えて、大雨、および強風、暴風の影響も非常に顕著である。回答者の約 45%が延期し、同様の割合が大雨の期間または強風の期間中にレジャーによる移動をキャンセルしている。

これらの論文から、雪、大雨、強風が発生した場合にはトリップ数や道路の交通量が減少するということが判明した。特に、歩行や自転車から自動車や公共交通機関といった直接人が天候の影響を受けない交通モードへ選択を変更する傾向にあるということが先行研究からわかった。では、一般的に言われている悪天候時の渋滞というのはなぜ起こるのか。先行研究の中では、降雨や降雪は交通量自体を減少させる効果があるということが指摘されているが、同時に道路許容量も減少するということが指摘されている。交通量の減少分を超える道路許容量の減少が起こることによって渋滞が発生しているのではないかと考えることができる。ただし、天候の影響は通勤や仕事による移動よりレジャーや買い物による移動に大きな影響があるということがわかった。

自転車については、雨の日はもちろん、雪の日、暴風の日など前節の低気温の場合と同様に利用が減少し公共交通や自動車を利用するようになることがわかった。

### 3-4 季節と交通モードの選択の関係性についての先行研究

最後に季節と交通モードの選択の関係性について分析していく。そもそも季節の定義は曖昧であり、国や地域によっても変わってきてしまうため季節が交通モード選択に与える影響についての先行研究はあまり多く存在していない。

その中でも Liu et al.(2015)では、季節と交通モードの選択の間にある関係性について分析している。自転車、公共交通、歩行、自家用車の構成比に着目した研究を行っている。交通モードの構成比では、夏場を除く全ての季節で自転車、公共交通、歩行、自家用車の順番で多くなっていく。マイカーはどの季節でも安定して利用が多く、交通モードの構成比においても一番利用が多い。歩行はトリップ数において二番目に多く、構成比においても同様に二番目に多い。また、歩行は夏場にトリップ数が減少し、冬に増加している。自転車の利用については冬にトリップ数が減少し、夏場に増加している。公共交通機関の利用は、自転車の利用が減少する冬場にトリップ数が増加し、自転車の利用が増加する夏場に減少している。

先行研究によると、気温と同様に歩行と自転車の利用については季節の影響を受けやすく、マイカーについては四季を通して安定して利用する人が多いことがわかった。また、先ほども述べた通り、自転車と公共交通機関の利用には何らかの関係性があるということが指摘されている。

季節及び天候と交通モードの選択の関係性の他に時間帯と交通の選択の関係性について分析をした先行研究も存在している。Singhal et al.(2014)によると、1日ごとの気象（日時モデル）と1時間ごとの気象（毎時モデル）がニューヨーク州メトロポリタン交通局の利用

者数に与える影響を図表 18 のモデルに回帰した分析を行なっている。

図表 18 季節及び天候と交通モードの選択についてのモデル

$$\Delta Y = \beta_0 + \beta_1 \text{Rain} + \beta_2 \text{Snow} + \beta_3 \text{Heavy Rain} + \beta_4 \text{Heavy Snow} + \beta_5 \text{Wind} + \beta_6 \text{Strong Breeze} \\ + \beta_7 \text{Temperature Derivation} + \beta_8 \text{Hot} + \beta_9 \text{Cold} + \beta_{10} \text{Fog} + \beta_{11} \text{Snow24hr} + \beta_{12} \text{Fall} + \beta_{13} \text{Winter} + \beta_{14} \text{Spring}$$

Where

$\Delta Y$  = Ridership residuals (system wide daily, system wide hourly or station based-daily ridership residuals);  
 $\beta_0, \beta_1-\beta_{14}$  =  $\beta_0$ : Model Intercept;  $\beta_1-\beta_{14}$ : Beta parameters for estimation.

(出典) Singhal et al.(2014)より引用.

図表 19 季節及び天候と交通モードの選択についての推定結果

**Table 1**  
Daily, hourly and time of day based ridership models. Numbers in parentheses are t-statistics. Bold numbers indicate a significance level of at least 95%.

	Daily vs. Hourly				Time Of Day					
	Weekdays		Weekends		Weekdays			Weekends		
	Daily ridership	Hourly ridership	Daily ridership	Hourly ridership	AM	Midday	PM	AM	Midday	PM
Intercept	-.003 (-.85)	<b>-.005 (4.23)</b>	<b>.029 (2.46)</b>	.004 (1.51)	<b>-.008 (3.66)</b>	<b>-.008 (4.85)</b>	.0001 (.055)	<b>.007 (3.02)</b>	.004 (1.53)	<b>-.002 (.60)</b>
Rain	-	-.015 (1.75)	<b>-.007 (2.17)</b>	<b>-.072 (4.33)</b>	<b>-.042 (2.48)</b>	<b>-.026 (3.64)</b>	-	<b>-.172 (-6.01)</b>	<b>-.210 (-6.53)</b>	<b>-.194 (-5.27)</b>
Snow	<b>-.140 (-8.25)</b>	-	<b>-.034 (2.22)</b>	-	-	<b>-1.15 (-3.68)</b>	<b>-1.189 (-2.93)</b>	-	-	-
Heavy Rain	<b>-.017 (-3.36)</b>	<b>-.018 (2.29)</b>	<b>-.045 (2.54)</b>	<b>-.037 (-2.45)</b>	-	-	-	-	-	-
Heavy snow	-	<b>.032 (2.18)</b>	-	<b>-.074 (-4.29)</b>	-	.140 (1.79)	-	-	<b>-.060 (-2.27)</b>	<b>-.066 (-2.37)</b>
Wind speed	-	<b>-.001 (3.96)</b>	<b>-.003 (2.63)</b>	<b>-.002 (-5.21)</b>	-	-	-	-	-	-
Strong breeze	-	-	-	<b>-.055 (-8.97)</b>	-	<b>-.007 (-1.69)</b>	-	<b>-.074 (-6.92)</b>	<b>-.040 (-4.94)</b>	<b>-.044 (-3.50)</b>
Temp. deviation	-	<b>.0001 (2.68)</b>	.001 (1.66)	<b>.001 (2.99)</b>	-	<b>.0002 (2.36)</b>	<b>-.0003 (-2.60)</b>	-	<b>.001 (1.97)</b>	-
Hot day/hour	<b>-.008 (-1.99)</b>	-	<b>-.022 (-1.73)</b>	<b>-.010 (-2.30)</b>	<b>-.012 (-2.32)</b>	-	-	-	<b>-.021 (-3.04)</b>	-
Cold day/hour	-	-	-	<b>-.021 (-4.49)</b>	<b>-.009 (-3.02)</b>	-	-	-	<b>-.033 (-3.43)</b>	<b>-.096 (-6.51)</b>
Fog	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>-.110 (-2.19)</b>
Snow last 24 h	<b>-.037 (-1.88)</b>	<b>-.148 (22.52)</b>	<b>-.102 (-2.09)</b>	<b>-.125 (7.63)</b>	<b>-.137 (8.96)</b>	<b>-.144 (16.21)</b>	<b>-.183 (-14.98)</b>	<b>-.075 (-2.42)</b>	<b>-.074 (-2.86)</b>	<b>-.091 (-2.54)</b>
Fall	<b>.015 (3.48)</b>	<b>.016 (11.58)</b>	-	<b>.008 (2.57)</b>	<b>.024 (7.42)</b>	<b>.011 (4.87)</b>	<b>.011 (4.34)</b>	-	-	-
Winter	<b>.013 (3.06)</b>	<b>.017 (11.60)</b>	<b>.022 (2.32)</b>	<b>.025 (7.69)</b>	<b>.034 (9.98)</b>	<b>.013 (5.72)</b>	<b>.014 (5.16)</b>	-	<b>.026 (5.81)</b>	<b>.033 (5.08)</b>
Spring	<b>.017 (3.99)</b>	<b>.013 (9.33)</b>	<b>.019 (2.17)</b>	<b>.016 (5.00)</b>	<b>.028 (8.79)</b>	<b>.014 (6.52)</b>	<b>.012 (4.91)</b>	-	-	<b>.013 (2.06)</b>
Adjusted R <sup>2</sup>	0.177	<b>0.063</b>	<b>0.241</b>	<b>0.103</b>	<b>0.094</b>	<b>0.106</b>	<b>0.121</b>	<b>0.102</b>	<b>0.115</b>	<b>0.150</b>
No. of Records	483	10878	198	4836	1880	2900	1913	817	1224	818
Model F	15.77	<b>81.65</b>	<b>7.93</b>	<b>47.11</b>	<b>28.69</b>	<b>39.10</b>	<b>44.95</b>	<b>31.93</b>	<b>20.83</b>	<b>19.02</b>

(出典) Singhal et al.(2014)より引用.

時間ごとの乗車データは、午前 6 時から午後 10 時までの午前の時間帯、午前 10 時から午後 4 時までの昼前から夕方の時間帯および午後 4 時から 8 時までの夕方から夜の時間帯で分けられている。図表 19 より、すべてのモデルは統計的に有意だが、平日のモデルにおける天候による乗車の変動は 6.3~17.7%と比較して、週末のモデルでは毎日および時間ごとのモデルでそれぞれ 24.1%および 10.3%であり、変動が大きいことを示している。したがって、週末の移動は、平日の移動よりも悪天候の影響を受ける可能性が高くなる。毎時モデルでは、平日には雪の時にバスや自家用車から地下鉄に乗り換え、週末には逆に雪の際にバスや自家用車などのモードに乗り換えていることを示している。平日、週末問わず、午後にはあらゆる種類の移動において悪天候の影響が非常に大きい。時刻モデルは、与えられた気象条件の下で、どの曜日でも、夕方から夜の時間帯が最も影響を受け、続いて夕方から夜の時間帯と午前中の時間帯の影響が最も少ないことを示している。

## 4、提案

### 4-1 改善案について

まず、料金制度の面では、特定の季節における運賃割引と共通運賃制度を導入することを提案する。

オフピーク運賃については、主にイギリスやフランスの交通において導入されている。板谷（2011）によると、フランスの国鉄（S N C F）では1週間単位で運賃を割り引く時間帯を設けている。具体的には、1週間単位で「青時間」と「白時間」という時間帯を設けて青時間帯には若者や高齢者などの運賃を25%割り引く制度を採用している。逆に、混雑時間である白時間では割引率を下げることで需要のコントロールを行っている。

また、ロンドンでは9つのゾーンに分かれたゾーン制運賃が採用されている。距離が遠くなるごとに平時との料金差が大きくなる制度になっている。平日の6時半から9時半までの時間及び16時から19時までの時間以外の時間帯と休日に最も近距離のゾーン1の中の移動を除く全ての移動において割引運賃が適用される。

その他の多くの都市でも、平日の日中及び休日に運賃の値引きが行われているが、時期によって運賃を割り引く都市は存在していないということがわかった。

次に、共通運賃制度については、ヨーロッパを中心に採用されており、アジアでは韓国で導入されている。金子（2004）によると、図表15より共通運賃制度を導入することで利用者は乗り継ぎの際に発生する初乗り運賃を複数回徴収されることがなくなるので、交通費用の減少が見込まれることに加え、運賃格差の解消により需要が適切に配分されることによる混雑の緩和が見込まれるとされている。ただし、デメリットとして事業者側に初乗り運賃分の負担が増加するため、採算が取れるように運賃の値上げが想定されることである。その結果、利用者にとって初乗り運賃分の交通費用の減少の効果が運賃の値上げによる交通費用の増加によって相殺されてしまう可能性が指摘されている。

金（2008）によると、韓国ソウル市内の交通を均一料金システムにし、30分以内のバス間の乗り継ぎは無料とした。そして地下鉄は区間制から対距離制運賃システムにし、地下鉄とバスを乗り継ぐ際は割引を行う改革を行った。乗り継ぎの無料化と需要に応じたバス路線の再編を行った後には運賃収入は減少したもののバスの利用者は17%増え、改革後のバスに対する運賃への満足度が30%程度から50%弱にまで上昇し、サービスへの満足度は10%台前半から40%程度にまで上昇した。また、特筆すべきは不満足と回答した割合が50%台から10%台前半にまで減少したということである。

図表 20 運賃共通化の特徴

	メリット	デメリット
利用者	<ul style="list-style-type: none"> <li>・交通費用が減少する。</li> <li>・所要時間が短縮する。</li> <li>・既存路線の混雑が緩和される。</li> <li>・公平性が向上する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・運賃水準が上昇した場合、交通費用が増加する。</li> </ul>
事業者	<ul style="list-style-type: none"> <li>・乗換関連施設の簡素化により費用が削減できる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・収入の配分方法次第では減収が発生する。</li> <li>・効率化に対するインセンティブが低下する。</li> </ul>
社会	<ul style="list-style-type: none"> <li>・既存施設の利用効率化が図られる。</li> <li>・交通混雑の削減とそれに起因する待機環境が改善される。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・事業者の効率性低下による収益悪化にともなう補助金等が投入される。</li> </ul>

(出典) 金子 (2004) より引用.

#### 4-2 札幌市における改善案の提案

本節では、4-1 の内容を踏まえた上で札幌市において特定の季節における割引及び共通運賃制度を導入した際のメリット、デメリットについて検討していく。

##### 提案①

札幌においては、既に述べたとおり地下鉄とバス及び地下鉄と路面電車の間での乗り換えについては乗り継ぎ運賃制度が存在している。しかし、時期時間を問わない乗り継ぎ運賃制度より、特定の時期や時間に大きく運賃を割り引く制度のほうが需要や負担感に大きく影響を与えることができると考えられる。提案②では、札幌で欧州のオフピーク運賃に倣って、特定日の運賃を割り引く制度を導入することを提案する。特定日に運賃を割り引くことによって、マイカーから公共交通に需要をシフトさせる効果があるのではないかと考えられる。

札幌では、積雪のある日数が平均で年間 132.4 日、降雪のある日が 125.9 日<sup>7</sup>となっており、年間の 1/3 は積雪・降雪がある中で移動をしなければならないという環境になっている。降雪日に運賃割引を適用する場合と冬期間全てにおいて割引運賃を導入する場合が考えられる。利用者にとってよりわかりやすい制度にするためには後者を導入することが望ましいと考えられる。雪や悪天候の日には車による移動自体は増えない可能性が先行研

<sup>7</sup>札幌お天気ネット ([http://www.sapporotenki.jp/record/sap\\_rec.html](http://www.sapporotenki.jp/record/sap_rec.html)) から引用。統計期間は 1981 年から 2010 年までのもの。

究から示唆されているが、道路許容量が低下してしまうために自家用車による渋滞を招く恐れがある。このような状況に陥ると路線バスの利便性が落ちてしまうためマイカーの交通量を減少・分散させる必要がある。

金子（2004）によると、需要の運賃弾力性について、通勤時間帯と比べて平日の昼間や休日の方が高いということがわかっている。従って、札幌では3つの交通モードにおける共通運賃制度を導入した上で、冬期間の平日昼間と休日に公共交通の料金を割引することを検討していくべきだと考えている。札幌では、冬期間の平日昼間には夏場と比較して買い物などの移動で中心部への車の流入量が増加する。また、休日には家族連れで車を使って中心部に移動する人々が発生することで中心部への車の流入量が増加する。冬期間にこれらの二つの時間帯で公共交通の運賃を割り引くことによって効果的に公共交通の利用者を増やすことができるのではないかと考えている。

この運賃制度を導入するメリットは三点ある。一点目は利用者の運賃負担を軽減することができることである。冬場の昼間に公共交通を利用する人々は、平日の朝及び夕方の通勤時間帯に比べて自己負担によって乗車している場合が多い。二点目は、通勤や通学の時間帯に利用していた利用者が昼間の時間帯に利用するようになるということである。三点目は、都心部へのアクセスがしやすくなることによって都心部が活性化する可能性がある。よって、これらの時間帯に導入することが一番市民にとって負担を軽減できると考えられる。また、副次的には市民が公共交通を利用することによって冬期間に多発する交通事故を未然に防ぐことが期待される。

デメリットとしては、事業者の収入水準が減少してしまう可能性があることである。冬期間の運賃割引を実施した場合には、現行の乗り継ぎ割引制度と比較しても利用者の数が増加するのではないかと考えられる。オフピーク運賃の導入を検討する際に、割引を導入した上で採算を取ろうとする場合は、通勤通学の時間帯の料金を値上げすることが一般的である。その考えに倣った場合、札幌のケースでは冬期間に運賃の割引を行った上で春から秋の雪のない期間には現在の運賃より値上げすることを検討することも必要になると考えられる。

## 提案②

札幌市の路面電車、バス、地下鉄において共通運賃制度を導入することを提案する。2章で述べた通り、路面電車と地下鉄が同じ札幌市が運営主体となっている。しかし、両者の乗り継ぎの際に運賃の割引は存在しているものの、運賃の共通化は実現されていない。

札幌で共通運賃制度を導入した場合のメリットは二点ある。一点目は、これまで利用されていなかったバス路線も選択される可能性があるということである。具体的には、路線バスで移動すれば目的地の最寄りに到達することができるにも関わらず、バスと地下鉄の運賃の価格差が大きいため目的地まで地下鉄と徒歩を組み合わせようとするケースが考えられる。特に冬場の札幌では地下鉄と並行するバス路線においてこのようなケース

が多数存在していると考えられる。共通運賃制度を導入することによって、このような非効率な状況が改善されると考えられる。

これにより自動車交通量が抑制され渋滞が緩和される可能性がある。

二点目は、全ての人にとってわかりやすい運賃体系になるということである。2章で指摘した通り、これまでの乗り継ぎ制度では乗り継ぎ割引が適用される路線とされない路線が利用者にとって分かりにくいものとなっている。利用者は共通運賃制度を導入されることで乗り継ぎの際に発生する追加の費用を検討することなく利用者にとって最適な経路を選択することができるようになる。

デメリットとしては、金子（2004）で指摘されていた通り事業者が初乗り運賃分を値上げすることによって利用者の運賃負担が増加してしまう可能性があることである。特に、単一の交通モードを利用して移動しようという人や短距離の移動のために乗車しようという人にとっては負担感が増加してしまう可能性がある。また、共通運賃制度自体は事業者ごとの採算については考えずに一旦運賃収入として集約されたものを一定の基準で事業者に配分するというものであるから、独立採算制を基本とする日本の公共交通には馴染まないという問題もある。特に赤字路線を多く抱えているバス事業を地下鉄、路面電車と共通の運賃とする場合には総合的に考えたときに赤字となり、地下鉄の黒字分をバス事業の赤字補填に充てなければならなくなる可能性もある。このような状況になってしまった場合は市がバス事業を展開していた平成16年以前の状態に戻ることも考えられる。

## 参考文献

- Aaheim, H. A., & Hauge, K. E. (2005) "Impacts of climate change on travel habits: A national assessment based on individual choices". Oslo: Centre for International Climate and Environmental Research.
- Ahmed, F., Rose, G., Jacob, C., (2010). "Impact of weather on commuter cyclist behaviour and implications for climate change adaptation". In: Proceedings of 2010, Department of Infrastructure and Transport, Canberra, Australia, pp. 1–19.
- Aultman-Hall, L., Lane, D., & Lambert, R. R. (2009) "Assessing the impact of weather and season on pedestrian traffic volumes". Proceedings of the 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC.
- Böcker, L., Thorsson, S., (2014) "Integrated weather effects on cycling shares, frequencies and durations in Rotterdam, the Netherlands". Weather Clim. Soc.
- Böcker, L. et al. (2016) "Weather, transport mode choices and emotional travel experiences". Transportation Research Part A: Policy and Practice Volume 94, December 2016, Pages pp360-373.
- Brilon, W., Geistefeldt, J., & Regler, M. (2005) "Reliability of freeway traffic flow: A stochastic concept of capacity". Proceedings of the 16th International Symposium on Transportation and Traffic Theory, New York, NY.
- Chung, E., Ohtani, O., Warita, H., Kuwahara, M., & Morita, H. (2005) "Effect of rain on travel demand and traffic accidents" Proceedings of the 8th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Vienna.
- Cools, M. (2009) "Inter- and intraday variability of Flemish travel behavior" University of Hasselt, Hasselt.
- Cools, M., Moons, E., Creemers, L., Wets, G. (2010) "Changes in travel behavior in response to weather conditions: Do type of weather and trip purpose matter?" Transportation Research Record, 2157, pp22–28.
- Creemers, L., Wets, G., Cools, M. (2014) "Meteorological variation in daily travel behaviour: evidence from revealed preference data from the Netherlands." Theoret. Appl. Climatol.
- Hanbali, R. M., & Kueffel, D. A. (1993) "Traffic volume reductions due to winter storm conditions." Transportation Research Record, 1387, pp159–164.
- Kim, J., Mahmassani, H. S., & Dong, J. (2010) "Likelihood and duration of flow breakdown: Modeling the effect of weather" Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2188, pp19–28.
- Liu, C., Susilo, Y.O., Karlström, A. (2014) "Examining the impact of weather variability on non-commuters daily activity travel patterns in different regions of Sweden", Journal of

- Transport Geography, Volume 39, July 2014, Pages 36-48.
- Liu, C., Susilo, Y.O., Karlström, A. (2015) "The influence of weather characteristics variability on individual's travel mode choice in different seasons and regions in Sweden", *Transport Policy* (2015) 41 pp147-158.
- Liu, C., Susilo, Y.O., Karlström, A. (2015) "Investigating the impacts of weather variability on individual's daily activity-travel patterns: a comparison between commuters and non-commuters in Sweden." *Transport. Res. Part A: Policy Pract.* 82, pp47-64.
- Liu, C., Susilo, Y.O., Karlström, A. (2016) "Weather variability and travel behaviour – what do we know and what do we not know.".
- Maze, T., Agarwai, M., & Burchett, G. (2006) "Whether weather matters to traffic demand, traffic safety, and traffic operations and flow." *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1948, pp170-176.
- Montigny, L., Ling, R., & Zacharias, J. (2012) "The effects of weather on walking rates in nine cities." *Environment and Behavior*, 44(6), pp821-840.
- Phung, J., & Rose, G. (2008) "Temporal variations in usage of Melbourne's bike Paths." *Proceedings of 30th Australasian Transport Research Forum*. Melbourne, Victoria, Australia: Forum papers, pp25-27.
- Guo, Z., Wilson, N., Rahbee, A. (2007) "Impact of weather on transit ridership in Chicago.", *Illinois Transport. Res. Rec. J. Transport. Res. Board* 2034.
- Sabir, M. (2011) "Weather and Travel Behaviour." *VU University, Amsterdam*. pp.27-48.
- Saneinejad, S., Roorda, M.J., Kennedy, C.E.J. (2012) "Modelling the impact of weather conditions on active transportation travel behavior.".
- Singhal, A., Kamga, C., Yazici, A. (2014) "Impact of weather on urban transit ridership." *Transportation Research Part A: Policy and Practice* Volume 69, November 2014, pp379-391.
- Thomas, T., Jaarsma, R., & Tutert, B. (2013) "Exploring temporal fluctuations of daily cycling demand on Dutch cycle paths: The influence of weather on cycling." *Transportation*, 40, pp 1-22.
- 板谷 (2011) 「フランスの軌道系交通における運賃制度概要-利用者の視点から-」, 交通経済研究所, 海外交通事情.
- 金子 (2004) 「大都市圏における鉄道運賃の問題と改善方策 – 運賃共通化の検討を中心として –」, 運輸政策研究 Vol.7, No.2 2004 Summer.
- 金 (2008) 「ソウル市のバス再編における合意形成プロセス」 運輸政策研究 Vol.11 No.1 2008 Spring.
- 札幌市 (2018) 「札幌の都市交通データブック」.
- 札幌市 (2019) 「札幌市統計書(平成 30 年版)-運輸及び情報通信」.
- 札幌市 (2019) 「2018 年度の来札観光客数の状況について」.

札幌市「札幌市内の次世代自動車保有台数について」

[https://www.city.sapporo.jp/kankyo/zidousya\\_kankyo/documents/jisedai.pdf](https://www.city.sapporo.jp/kankyo/zidousya_kankyo/documents/jisedai.pdf)

株式会社ドーコン(2008)「渋滞情報のデータマイニング:札幌都市圏の事例」,

[http://www2.ceri.go.jp/jpn/news/snow/080829/080829\\_its\\_02\\_01.pdf](http://www2.ceri.go.jp/jpn/news/snow/080829/080829_its_02_01.pdf).

[http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00039/200806\\_no37/pdf/194.pdf](http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00039/200806_no37/pdf/194.pdf).

国土交通省「バスの走行環境を改善する PTPS (公共車両優先システム)」.

札幌市交通局 <https://www.city.sapporo.jp/st/josyaken/ryokin/ryoukin.html#kodomodohan>

<https://www.city.sapporo.jp/sogokotsu/shisaku/pt/documents/mp02.pdf>