

北海道南西沖地震が交通需要の変動に与える影響

崔宰栄¹・川島一彦²

¹学生会員 工修 筑波大学 社会工学研究科 大学院 (〒350 つくば市天王台1-1-1)

²正会員 工博 東京工業大学 工学部 土木工学科教授 (〒152 東京都目黒区大岡山2-12-1)

本研究は、都市防災や道路計画に資するために震災地域における交通需要の変動メカニズムを究明することを目的としたものである。このために、平成5年7月の北海道南西沖地震を対象として檜山支庁管内の住民と運輸会社を対象にして、アンケート調査によりパーソントリップと車両の運行特性を調査した。この結果、地震発生当日には、平常時の1日トリップ数の45.5%に相当する避難トリップが1時間の間に集中し、そのうち56%が乗用車によって避難しており、地震後、登校・出勤目的のトリップは減少し、業務・買い物目的のトリップは増加していることがわかった。地震後の交通需要の変動要因としては、職業と年齢が大きな影響を及ぼし、特に、販売・運輸・学生・教育・無職の職業と20代・30代の年齢層において交通需要変動幅が大きいことがわかった。

Key Words :social effect, travel demand, person trip survey, multiple classification analysis,
Hokkaido Nansei-oki Earthquake

1. まえがき

交通発生を誘発する主体である個人の特性と地域の社会・経済的条件や交通システムなど様々な交通環境の変化によって交通需要は時々刻々変動する。大都市域で大規模震災が発生した場合には、通行不能による渋滞や交通機能の大幅な機能低下、迂回の発生などが生じ、また、避難や買い物、見舞い目的のトリップなど、新たに発生するトリップもあると考えられる。このように地震時には、常時とは全く異なる交通需要が生じると指摘されているが^{1)~3)}、災害時の交通需要の時間的変化やその要因に関しては、現在までほとんど検討された例がない。

また、現在までの都市防災計画では、物理的な被害の復旧に重点を置いた計画が行なわれてきたが、被災地域の交通需要の変動を考慮に入れた道路防災計画や復旧計画の策定はほとんど行なわれていない。

本論文の目的は、上記の観点から地震により地域の交通需要がどのように変化するかを明らかにし、その変動に影響する要因を解析しようとするものである。

2. 解析対象とする地震及び地震被害の概要

本研究の目的にあわせるためには、大都市圏に生

じた地震を対象とするのがふさわしいが、本研究の実施時点ではこのような事例は生じていなかった。このため、ここでは、比較的最近に発生した災害として、平成5年7月12日22時17分の北海道南西沖地震(マグニチュード7.8)に着目することとした。

この地震では、総額で約1,046億円の被害が生じたが、中でも北海道檜山支庁管内では、全体の69.0%にあたる大きな被害を受けた。檜山支庁管内には、図-1に示すように10町あるが、奥尻町を除く9町を解析対象とする。奥尻町を除いたのは、本研究の目的が交通需要変動に与える地震の影響の分析であるのに対して、奥尻町と他の9町との交通手段はフェリーだけであり、他の道路交通による連絡がないためである。

平成2年の国勢調査によれば、檜山支庁管内の総人口は62,359人である。この地域の交通体系は図-1に示した通りであり、江差線(江差~函館間)があるが、交通輸送のほとんどは道路に依存している。背後に山を控えた臨海地形のため、道路網は海岸線に沿った帯状の単純なネットワークとなっている。

今回の地震による道路施設の被害は、図-1のように、瀬棚から上ノ国の間を結ぶ国道227号線に集中している。

このような点からみて、研究対象地域は、大都市圏とは明らかに異なるが、複雑な構造の大都市圏の交通需要を解析する前に、比較的単純な地方都市レ

表-1 調査内容

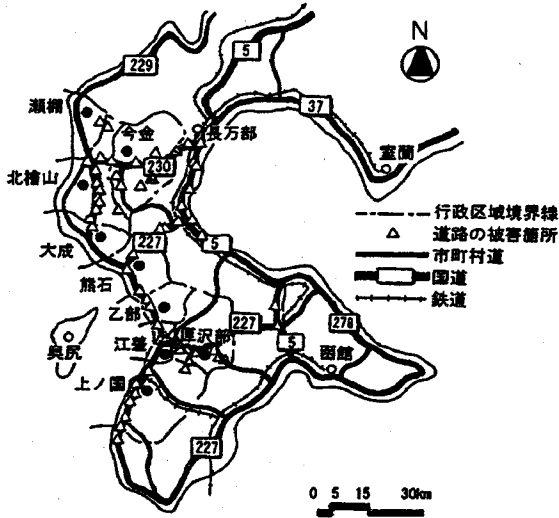


図-1 檜山支庁管内の現況総括図

ベルにおける解析も有効と考えられる。

3. 交通需要変動の調査方法

交通需要の変動を分析するために、表-1に示すように、個人のトリップ特性を明らかにすることを目的としたパーソントリップと、地域の交通を支配するタクシー、バスの運行特性を明らかにすることを目的とした車両運行調査を行なった。

パーソントリップ調査では、通行者の属性を明らかにするための世帯特性と個人特性に関する項目を、また、個人ごとのトリップ特性を明らかにするための日常トリップ特性と避難特性に関する4項目を含んでいる。車両運行に対する調査は、各会社の特性とそれぞれの会社ごとの車両運行特性の2項目で構成されている。

パーソントリップのうち、世帯特性と個人特性は、調査票を配布した平成5年10月13日(水曜日)を対象として調査した。水曜日を選んだのは、交通需要は曜日で変化するが、水曜日は1週間の中の平均的な交通需要を表わす^{4),5)}といわれているためである。

また、避難特性は地震が発生した平成5年7月12日(月曜日)を対象に、また、日常トリップ特性は地震発生前と地震発生後に分けて調査した。ここで、日常トリップ特性を地震発生前後に分けたのは、地震の影響を受ける前の通常時の交通需要状況と地震後、時間経過とともに徐々に平常時にもどっていく交通

a) パーソントリップ

通行者特性	世帯特性	所在地、居住者数、5才以上居住者数、自動車保有台数、平均乗車人数
個人特性	個人特性	性別、年齢、月所得、職業、学校・勤務先の所在地、活動が平常時に戻った時期、地震前後に変化したトリップ目的・交通手段
トリップ特性	日常トリップ	非通行の理由、トリップ目的、交通手段、同乗者数、出発・到着時刻、出発地・到着地の所在地及び施設の種類の
避難特性	避難特性	避難場所の所在地・施設の種類の、避難開始時間・避難所要時間、避難時の利用交通手段、5才以上避難者数

b) 車両運行

会社特性	車庫の所在地、車両保有台数、原因別非運行車両台数、営業時間(タクシー)、路線毎のダイヤと路線図(バス)、地震による被害の程度	
車両運行特性	タクシー	総走行距離、車両運行台数、総乗客数、車両運行特性の変化の理由
	バス	路線・ダイヤの変更とその有無、変更路線とそのダイヤ、変更期間、変更理由、変更後の運行所要時間、ピーク時の乗客数

需要の変化を知るためである。地震が発生しないとした時にどの程度の交通需要があったかを知るためには、地震発生と同時期の平成4年7月期の交通需要をみるのが一番望ましいが、個人に対する調査を過去に1年も遡って行なうことは困難である。このため、ここでは、地震が発生しなかったとした時の交通需要として、地震の影響がほぼなくなったと考えられる平成5年10月13日(水曜日)の交通需要を用いることにした。以下、これを平常時の交通需要と呼ぶ。

地震後どの程度の期間まで調査を行なうかが重要であるが、ここでは地震後1週間を目処に平成5年7月12日(月曜日)から7月19日(月曜日)までを調査対象期間とした。

車両運行特性のうち、会社の特性については調査票を配布した平成5年10月13日(水曜日)時点について、また、被害状況は地震発生当日である平成5年7月12日(月曜日)について、それぞれ調査した。車両の運行特性は個人パーソントリップと同様に地震前後に分けて調査することとし、地震の影響を受けない平常時の交通需要を知るために、平成4年7月期(1ヶ月間の平均)、平成5年7月期(1日～11日までの平均)及び平成5年10月期(1ヶ月の平均)を調査対象とすることとした。ただし、バスについては、各バス停留所ごとの乗客数を調べる必要があり、長期間

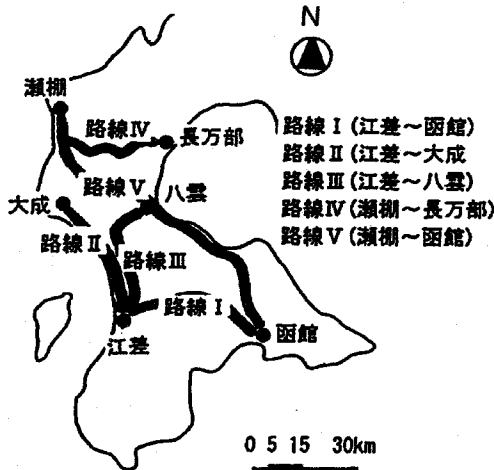


図-2 バス路線図

の調査は膨大な作業を必要とするため、上記のようにある期間の平均をとるかわりに、地震のちょうど1週間前の平成5年7月7日(水)及び、約3ヶ月後の10月6日(水)について調査することとした。また、地震後については、地震発生から1週間を考え、平成5年7月12日(月曜日)から7月19日(月曜日)を調査対象とした。図-2は、バスの運行路線を示したものである。後述するように、路線II(江差~大成)において利用者の減少が最も著しかった。

パーソントリップの交通需要の変化を分析するためには、全数調査が望ましいが、平成2年の国勢調査によれば、檜山支庁管内の9町の世帯数は19,391世帯、交通生成年令層と考えられる5才以上の人口は54,995人あり、全数調査を行なうことは時間的、経済的に不可能である。そのため、ここではサンプル調査を行なうとし、世帯別に5才以上を対象として、抽出率2.7%で信頼度89%を持つように調査対象を選んだ。その結果、1,485人が抽出され、これらに対して調査を行なった。回収されたデータの中から、分析に不適切なデータを除くと有効な回答は1,016人(データ有効率68.4%)であった。以後、これを解析の基本データとすることとする。この1,016人の年令を10歳ごとに区分してみると最も割合が多いのは40代で21.7%で、最も割合が少ないのは10代以前(5歳~9歳)の年令層で6.4%となっている。また、性別にみても男性が50.8%、女性が49.2%で男性の方が少し多い。職業については、後述の表-5に示している職業のうち、公務員、主婦、学生が多く、これを合わせると全体の57.2%と全体の半分以上を占めている。

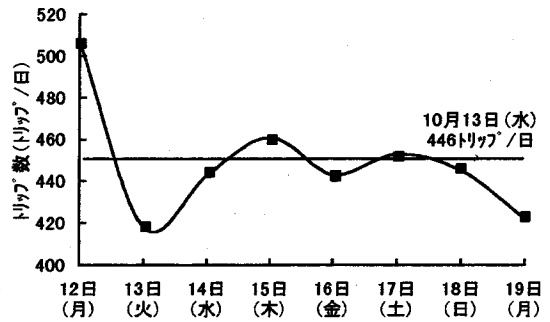


図-3 1日総トリップ数の変化

ただし、1,016人分の調査票の中には、部分的な回答しかされていないものが多数含まれている。全ての調査項目について回答されているのは198人分である。したがって、全ての項目が関連するような調査に対しては、198人分のデータを解析対象とすることにした。しかし、なるべく解析に用いるデータを増やすために、当該解析項目に対して回答が得られているデータは、極力解析に用いるようにした。したがって、何件のデータを解析に用いているかは、各解析項目ごとによって変わっているので、これらについては、それぞれの解析の箇所ですすこととする。

運輸会社に対する車両運行特性の調査は、檜山支庁管内を運行している会社に対して全数調査を行なった。すなわち、タクシーについては函館地区ハイヤー協会に加盟している40社、バスについては管内の5路線を運行している函館バス(株)に対して調査を実施した。このうち、タクシーについては40社のうち16社に属する386台、バスについては5路線の全ての148台分が回収された。

4. 個人のトリップ特性

(1) 交通需要の変化

地震が発生した7月12日以後、どのように交通需要が変化したかを知るために、1日総トリップ数を取り上げ見てみると図-3のようになる。解析に用いたサンプル数は198人である。

これによれば、平常時と見なした平成5年10月13日(水)の1日総トリップ数は446トリップ/日であり、これと比べて地震当日(12日)には507トリップ/日と13.7%も増加している。ただし、後述するように、地震発生を含む22時~23時の時間帯には避難目的のために200トリップ/時のトリップが発生しており、

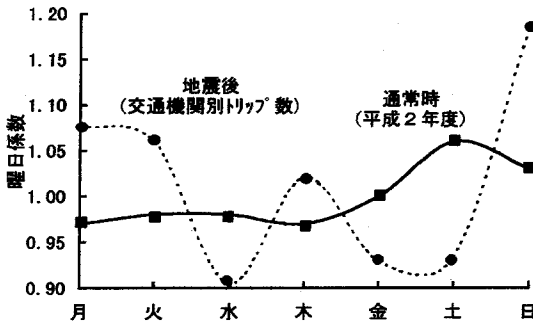


図-4 地震後と通常時の曜日係数の比較

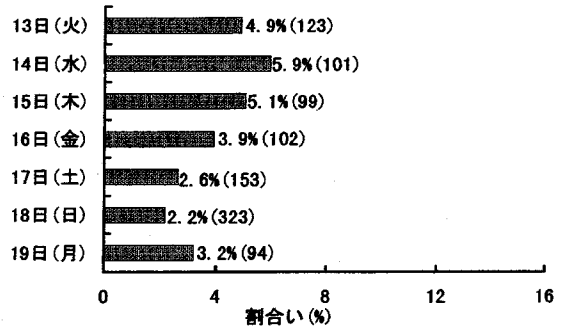
このため、この時間帯を除くと10月13日(水)には307トリップがあったことになる。これを $307 \times 24/23=320$ トリップ/日として、1日トリップに換算し、さらに、月曜日の曜日係数0.97⁹⁾を考慮すると $320/0.97=330$ トリップ/日となる。この値は、平均トリップ数(446トリップ/日)と比較すると約100トリップ/日程度少ないが、この理由についてはよくわからない。

地震発生翌日(13日)には418トリップ/日と平常時よりも6.3%程度減少している。しかし、15日には再び増加し、平常時の3.4%増にまで回復している。このように、地震後1週間の間にはかなり大きく交通需要が変化した。これをふだんの状態と比較するために、1日総トリップ数のうち、徒歩、自転車、鉄道、その他を除く道路交通機関を用いたトリップ数だけを取り上げて平成2年道路交通量常時観測調査結果(北海道開発局の平均値)⁹⁾をもとにした曜日係数 A_{WD} と比べてみる。ただし、道路交通量常時観測調査においては曜日係数は年平均日交通量 $AADT$ によって基準化しているが、ここでは、平成5年の年平均日交通量がまだ報告されていないため、本研究で平常時とみなした平成5年10月13日の交通機関トリップ数によって次式のように基準化することとした。

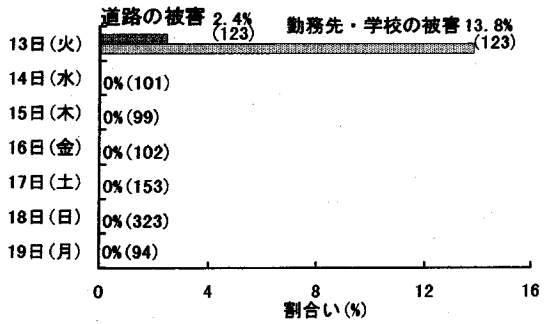
$$\tilde{A}_{WD} = \frac{\text{毎日の交通機関トリップ数}}{\text{平常時(10月13日)の交通機関トリップ数}} \quad (1)$$

これを示したのが図-4である。通常時のトリップ数は土曜日や日曜日に多く、ウィークデイにはほとんど差が見られない地方部幹線道路交通の典型的な特性⁹⁾をしているが、地震後は、日によって大きく変化している。

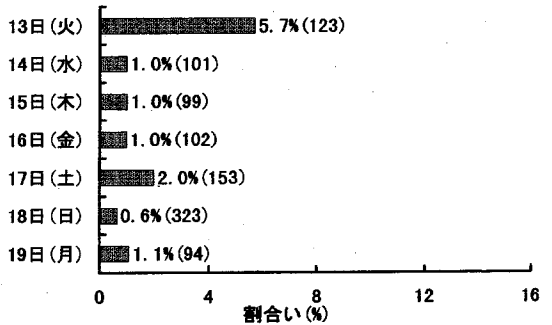
一方、地震後1週間の間に外出しなかった理由(非



(a) 余震に対する恐怖



(b) 勤務先・学校の被害、道路の被害

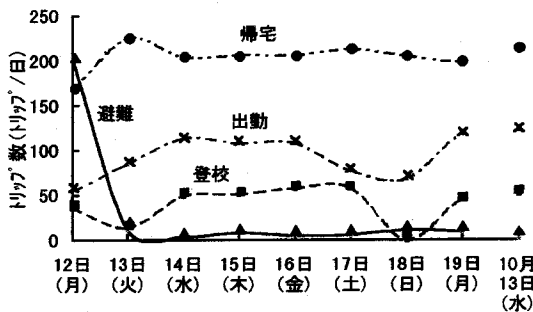


(c) 片付け

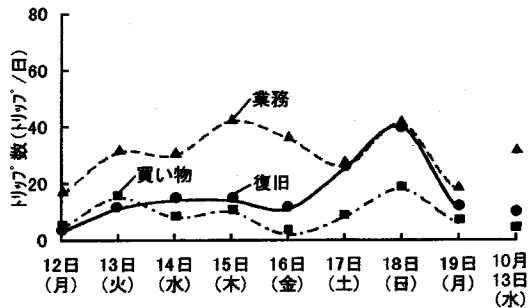
図-5 非通行理由

(())内は1日非通行者数(人/日)の母数

通行理由)に関してはいろいろある。例えば、通常の家事に従事したという理由が非通行要因の40~50%を占めており、他にも病気、高年齢のためといった要因がある。こうしたものを除外し、地震による影響と判断される要因について見ると図-5の通りである。ただし、地震発生当日については、地震発生が夜10時17分であり、すでに、当日の通常のトリップを終えた住民が大部分であるため、ここには示していない。これによれば、非通行、すなわち、外出しなかった理由としては、全体の2~6%が余震



(a) 避難, 通勤, 登校, 帰宅



(b) 業務, 買い物, 復旧

図-6 目的別トリップ数の変化

に対する恐怖であり、地震後1週間にわたって持続的に非通行となっている。勤務先や学校の被害、道路の被害によって非通行となった者は、地震翌日にはそれぞれ全体の14%、2%いたが、2日目以後には見られない。また、地震翌日には、全体の6%が片付けのために非通行となった。これは、勤務先や学校、道路の被害による非通行要因とともに地震発生翌日の非通行の大きな原因の1つとなっている。2日目以後には片付けのために非通行となった人数は減少している。

(2) 目的別にみたトリップ数の変化

目的別にトリップ数の変動を示すと図-6のようになる。解析に用いたデータ数は198人である。

このうち、最も直接的な地震の影響は避難目的のトリップで、地震発生当日には203トリップ/日と平常時の1日総トリップ数(446トリップ/日)の45.5%に相当する非常に大きな値となっている。このため、地震発生当日には、1日総トリップ数は平常時より13.7%も増加している。地震発生が午後10時17分と遅く、すでに、ほとんどの一般交通が終わった後に、地震によって新たに生じた交通によって13.7%も1日トリップ数が増加した点は興味深い。

出勤目的のトリップは、地震の翌日および地震のあとの最初の土曜、日曜日には最大で55.7%減少している。これは地震によって被災した自宅の復旧や、事務所の被災によって出勤できないこと等によると考えられる。また、登校目的のトリップは、地震発生翌日には顕著に減っている。これは、明らかに生徒や家族のけが、休校などの影響によると考えられる。

一方、帰宅目的のトリップは、地震発生当日だけ平常時から22.0%程度減ったが、翌日からはほぼ平常時の値に回復している。業務と買い物目的のト

リップは、平常時に比べて地震後の4日間に、それぞれ20.2%、38.9%増加している。これは、地震被害の後片付けや生活必需品の購買、地震による新たな業務の発生等によると考えられる。

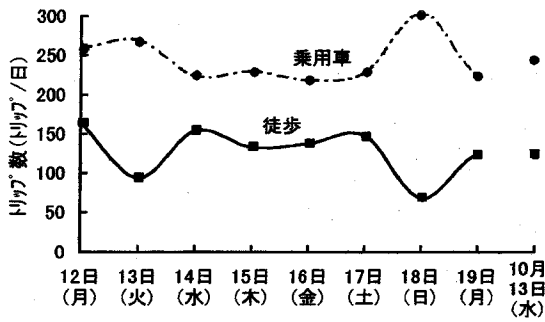
最後に、復旧目的のトリップは、地震当日から発生しているが、特に、地震後の最初の日曜日にあたる18日に多くなっている。これは、休日を利用して地域的に復旧活動が進められたためである。

(3) 手段別にみたトリップ数の変化

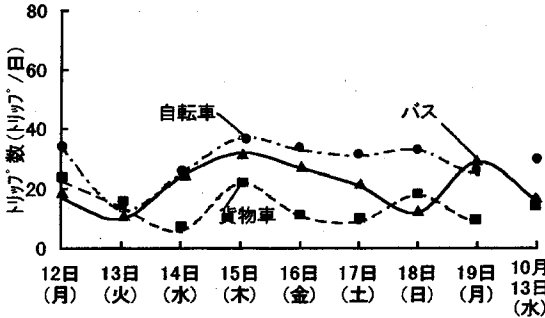
交通手段としては、徒歩、自転車、乗用車、バイク、タクシー、バス、鉄道、貨物車、その他(船舶など)があるが、このうちどれを利用したかを示すと図-7のようになる。解析に用いたデータ数は198人である。

全体としては、乗用車と徒歩の占める割合がそれぞれ50%、30%程度と圧倒的に大きい。これは、対象地域の公共交通の整備水準が低いため、主として乗用車か徒歩という選択になっているためである。重要な点は、これらのトリップ数を平常時と地震後と比較すると、それ程大きな違いはないという点である。ただし、地震の翌日(13日、火曜日)と地震後6日目(18日、日曜日)には、徒歩が減少する代わりに乗用車が増加している。これは、地震の翌日や地震後最初の日曜日には生徒の登校が減ったり、職場が休みであったりしたこと、復旧目的の乗用車トリップが増加したこと等が原因と考えられる。したがって、こうしたことを除けば、乗用車と徒歩の分担率は、地震後ほとんど変化しなかったといってよい。

一方、その他の交通手段であるが、自転車やバスは地震翌日には平常時よりそれぞれ55%、33%減少し、3日後には14%、69%増加している。貨物車は、地震後2日目、3日目には減少するが、これは、地震による地域内の積荷の減少が原因と考えられる。



(a) 乗用車, 徒歩



(b) 自転車, バス, 貨物車

図-7 手段別トリップ数の変化

(4) 時間別にみたトリップ数の変化

図-8は、198人の解析データを用いて、発生時間別のトリップ数を示したものである。地震発生当日(12日)、翌日(13日)、平均(12日～16日+19日)、平常時(10月13日)の4つに整理して時間別トリップ数を示している。地震発生当日を除けばトリップが発生する時間帯はほぼ同じで、午前ピークは8時～9時の時間帯、午後ピークは17時～18時の時間帯となっている。重要な点は、地震が発生した22時17分を含む22時～23時の時間帯の間には避難目的のために200トリップ/時という非常に大きなトリップ数が発生していることである。これは、平常時の午前ピーク(7時～8時)のトリップ数にあたる70トリップ/日の約3倍に相当する大きな値である。地震発生後、気象庁は22時22分に津波警報を発令しており、これが避難行動に大きく影響したと考えられる。なお、研究対象地域の津波警報の解除は13日7時である。

避難先から帰宅するために発生したトリップにより、地震翌日の早朝(0時～6時)には、この日の1日総トリップ数の26.6%にあたるトリップが発生している。平常時にはほとんどトリップ数が発生しない時間帯であり、これも地震後の特有の現象といえる。

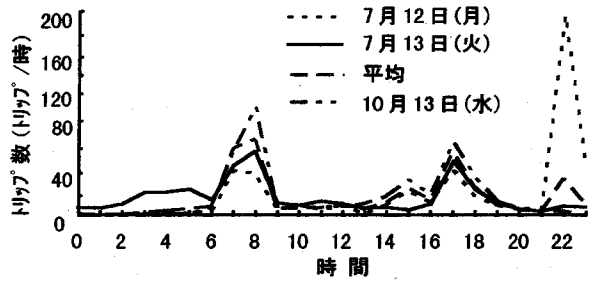


図-8 時間別発生トリップ数の変化

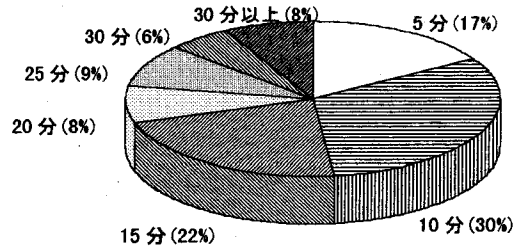


図-9 避難開始時間の分布

(5) 避難行動

地震後いつから避難を開始したかを示すと図-9のようになる。解析に用いたデータは192人である。これによれば、早い人は地震が発生した22時17分から1分後には避難を開始している。地震が大きいと感じた瞬間に避難行動を起こしていた訳で、極めて迅速な対応といえよう。全避難者の約70%は地震後15分以内に避難を開始している。前述したように、気象庁による津波警報の発令が22時22分であり、それが避難行動に大きな影響を与えたと考えられる。なお、本調査は地震後約3ヶ月後に行っているが、非常に緊迫な状況の中での避難であり、避難行動を開始した時間に対する避難者の記憶については特に信頼性に問題はないと考えられる。

次に、避難に要した時間は、図-10に示す通りであり、平均5.04分である。5分以内には全体の80%が避難を終了した。これは、被災地の地域的特徴を反映したもので、大都市圏とは全く異なると考えられる。解析に用いたデータは192人である。

図-11は、184人分の解析データを用いて、避難時の交通手段を示したものである。乗用車が全体の56%、徒歩が34%で平常時とほとんど変わっていない。しかし、ここで重要な点は避難トリップの半分以上が乗用車を利用しているということである。もし、同じような傾向で大都市部に平常時のピークトリップ

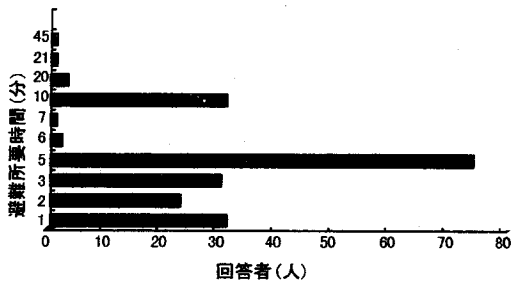


図-10 避難終了時間の分布

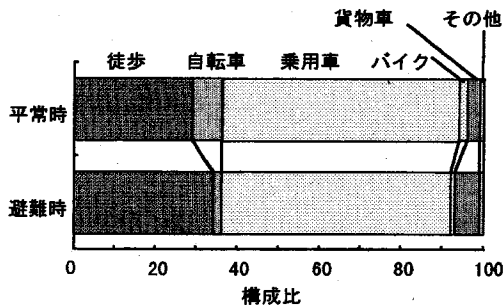


図-11 平常時と避難時の交通手段の比較

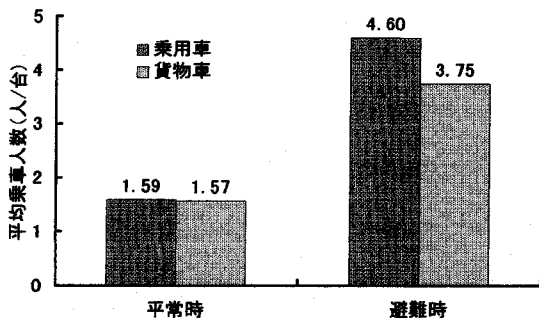


図-12 平常時と避難時の平均乗車人数の比較

数の3倍を越えるトリップ数が集中して発生すると仮定すると、道路施設の被災による物理的な制約と相まって、深刻な混乱が生じる可能性がある。

図-12は、181人分の解析データを用いて、避難時の平均乗車人数を示したものである。家族単位で避難したため、平常時に比べて乗用車は2.9倍、貨物車は2.4倍と高い数値を示している。

5. 車両の運行特性

(1) タクシー

地震前後の乗客数と走行距離をまとめると図-13に示すようになる。地震後には乗客数と走行距離が

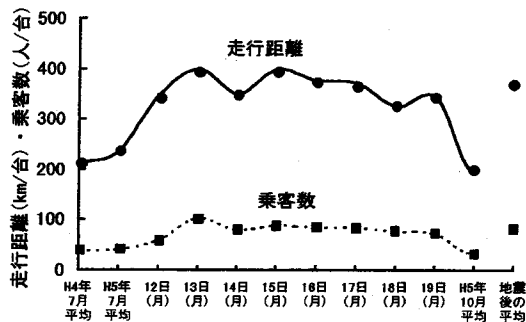


図-13 タクシーの1日車両走行距離と乗客数の変化 (H5年7月平均は、7月1日～11日の平均値)

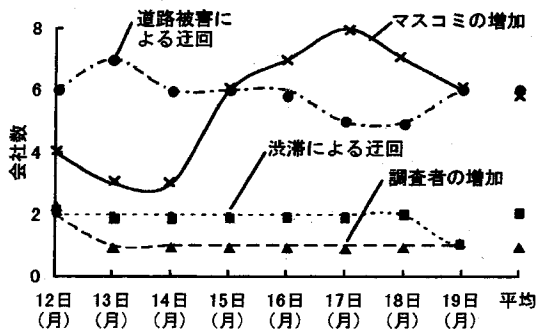


図-14 タクシーの運行特性変化の理由別回答数

大きく増加しており、地震によってタクシーの需要が増加したことを示している。特に、地震発生翌日には、走行距離は400km/台・日となっており、これは、同年7月1日～11日の平均236km/台・日の1.7倍に相当する。

車両の1日走行距離と乗客数は、地震後の時間経過とともに同じ様な傾向で変化している。なお、タクシー会社に対するヒアリングによれば、ほぼ平常時の運行に戻ったのは、地震後約32日経った8月13日である。

このように、運行特性が変化した理由をタクシー会社数で示した結果が図-14である。主要な原因としては、道路の被害とこれによる渋滞、マスコミや地震被害の調査者の増加などがある。特に、車両の運行に最も大きな影響を生じたのは道路の被害で、地震後1週間にわたって連続的に大きな影響を与えた。これは、道路の復旧が地震発生後の地域の円滑な交通需要の処理や復旧活動の確保に大きな影響を与えることを示している。

(2) バス

対象地域を運行している5路線の139台のバスについて、それぞれの路線ごとのピーク時の利用乗客

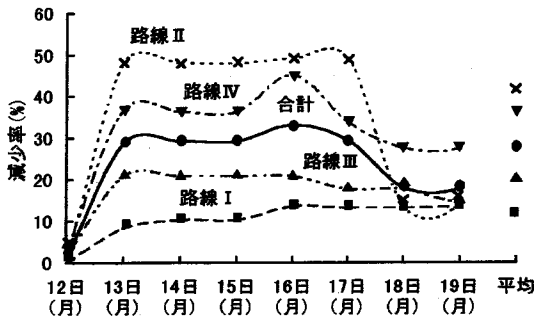


図-15 ピーク時のバス利用者の増減

数を示すと図-15のようになる。地震後の乗客数は、一部を除くと、ほとんどすべての路線において減少している。特に、今回の地震で大きな被害を受けた路線Ⅱ(江差～大成)では、平常時に比べて約50%と大きく減少している。前述した図-1と図-2には道路施設の被害分布とバス路線を示しているが、図-15の乗客数減少率はこれとよく対応している。なお、バス会社へのヒアリングによれば、車両の運行状況が平常時に戻ったのは、地震発生から約1ヶ月後である。

6. 交通需要変動の要因

(1) 分析モデルの検討

交通需要の変動において、交通発生の主体である個人の特性がどの程度影響を及ぼしているかを分析するため、多重分散分析⁶⁾を行なった。多重分散分析とは、式(2)の回帰モデルによるMCA(Multiple Classification Analysis)で、数量化Ⅰ類と同じ分析手法である。対象分析期間は7月12日～7月19日、10月13日である。分析に用いたサンプル数は198人である。

$$Y = \alpha + X\beta + E \quad (2)$$

ここで、 Y : 交通需要の観測値($N \times I$)
 X : 個人特性別の計画行列($N \times p$)
 α : 常数
 β : X のパラメータ($p \times I$)
 E : 誤差項($N \times I$)
 N : サンプル数
 p : 説明変数の項目数

4章では、1日総トリップ数を対象として調査結果を解析したが、ここでは、交通需要に及ぼす個人

表-2 分散分析に考慮した要因とモデル

モデル区分	性別	年齢	職業	所得水準
モデルⅠ	○	○	○	○
モデルⅡ	○	○	○	—
モデルⅢ	—	○	○	—

特性を解析するために、1日総トリップ数を人数で割った1人当たりトリップ数に着目した。1人当たりトリップ数に及ぼす要因としては、性別、年齢、職業、所得水準の4つが考えられる。4つの要因の組み合わせは合計15通りあるが、ここでは分析結果が比較的良好な表-2に示す3モデルを取り挙げる。モデルⅠは性別、年齢、職業、所得水準の4要因を全て考慮したもので、モデルⅡはこれから所得を除いた3要因を、また、モデルⅢは年齢と職業の2要因だけを考慮したものである。

表-3は、各モデルの精度を決定係数 R^2 、残差の平均二乗 MSE 及び F 値によって検討した結果を示したものである。決定係数 R^2 は、モデルの説明力、すなわち観測値と推定値の間の一貫性を示す指標で、 R^2 が大きいほど説明力は高い。残差の平均二乗 MSE は、観測値と推定値の間の差の程度を示す指標で、 MSE 値が小さいほど分散分析の精度は高い。 F 値は、回帰モデルによって説明される変動を示す指標で、次式によって与えられる⁶⁾。

$$F = \frac{MSE}{MSR} \quad (3)$$

ここで、 MSR は回帰によって説明される変動の平均であり、 F 値が大きいほど分析モデルの精度は高い。

表-3において、モデルⅠの7月12日のデータは各要因の欠損値があり、また、モデルⅢの F 値は $MSE=0.00$ となるため、それぞれ計算していない。

各評価指標によってモデルの説明力に対する評価結果が少しずつ異なるが、モデルⅢが全体的に適合性が高い。したがって、以下の解析にはモデルⅢを用いることとする。モデルⅢによれば、年齢と職業の2つの要因によって交通需要変動のうち、およそ37%～80%程度($R^2=0.37\sim 0.80$)が説明されており、 F 値で見るとこれらはすべて1%水準で有意となる。

(2) 交通需要変動の要因分析

モデルⅢによって地震後の1人当たりトリップ数の変動を分散分析した結果を示すと表-4のようになる。

表-3 モデルⅠ～モデルⅢの解析精度

区 分		7月12日 (月)	7月13日 (火)	7月14日 (水)	7月15日 (木)	7月16日 (金)	7月17日 (土)	7月18日 (日)	7月19日 (月)	10月13日 (水)
モデルⅠ	MSE	-	0.08	0.08	0.14	0.03	0.08	0.05	0.02	0.08
	F値	-	2.93*	1.95	0.59	3.50*	1.82	2.42	8.25**	2.41
	R ²	-	0.81	0.78	0.48	0.86	0.72	0.71	0.94	0.82
モデルⅡ	MSE	0.75	0.51	0.20	0.51	0.39	0.34	0.21	0.13	0.31
	F値	2.28	1.70	2.50**	1.71	1.85*	1.65	1.17	2.81**	1.75
	R ²	0.54	0.33	0.44	0.33	0.36	0.38	0.32	0.46	0.36
モデルⅢ	MSE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	F値	-**	-**	-**	-**	-**	-**	-**	-**	-**
	R ²	0.80	0.37	0.58	0.40	0.55	0.41	0.50	0.61	0.52

注)* : 有意水準5%で有意, ** : 有意水準1%で有意

表-4 1人当たりトリップ数に及ぼす年令及び職業の影響度

区 分	7月12日 (月)	7月13日 (火)	7月14日 (水)	7月15日 (木)	7月16日 (金)	7月17日 (土)	7月18日 (日)	7月19日 (月)	10月13日 (水)	
SST	0.75	0.53	0.26	0.41	0.27	0.40	0.14	0.17	0.34	
MSR	年令	1.23	0.47	0.37	0.40	0.20	0.59	0.19	0.32	0.29
	職業	1.57	0.62	0.52	0.63	0.59	0.30	0.21	0.32	0.63

表-5 1人当たりトリップ数に及ぼす各カテゴリー別影響度

(単位：トリップ/人・日)

区 分		7月12日 (月)	7月13日 (火)	7月14日 (水)	7月15日 (木)	7月16日 (金)	7月17日 (土)	7月18日 (日)	7月19日 (月)	10月13日 (水)	
平均		2.59	2.28	2.23	2.31	2.19	2.33	2.18	2.12	2.25	
年令	偏相関係数	0.61	0.29	0.40	0.31	0.28	0.44	0.43	0.45	0.30	
	カテゴリー 得点	カテゴリーレンジ	2.16	0.63	0.78	0.51	0.42	0.73	0.37	0.52	1.01
		5～19	1.70	-0.14	-0.53	0.36	-0.17	-0.25	0.02	-0.15	0.15
		20～29	-0.19	0.03	-0.09	-0.14	-0.18	0.11	0.03	-0.17	0.21
		30～39	0.21	0.39	0.25	0.27	0.24	0.45	0.13	0.30	0.07
		40～49	-0.46	-0.10	0.07	-0.06	0.00	0.08	0.19	-0.00	-0.05
		50～59	-0.34	-0.04	-0.05	-0.15	0.07	-0.28	-0.18	0.07	0.70
60～	0.45	-0.24	0.05	-0.15	-0.09	-0.21	-0.19	-0.22	-0.31		
職業	偏相関係数	0.90	0.51	0.67	0.57	0.71	0.43	0.66	0.67	0.67	
	カテゴリー 得点	カテゴリーレンジ	2.49	1.37	1.36	1.65	1.61	1.57	1.22	1.19	1.50
		農水産	0.51	0.06	-0.26	-0.28	-0.27	0.16	0.35	-0.18	-0.17
		学生	-1.23	-0.66	0.34	-0.60	0.03	0.04	0.24	0.07	-0.40
		主婦	-0.85	-0.31	0.13	0.09	-0.01	0.14	0.02	0.10	-0.03
		公務	0.73	0.10	0.21	-0.10	0.07	-0.14	-0.1	0.05	0.10
		教育	-0.06	-0.92	-0.32	-0.49	-0.46	-0.35	-0.87	-0.41	-0.45
		販売	-0.71	0.45	1.04	1.05	1.15	-0.03	-0.14	0.78	1.02
		サービス	-0.85	0.09	-0.08	-0.12	0.00	0.36	0.27	-0.03	0.42
		事務	0.77	0.27	-0.05	0.14	-0.04	-0.15	-0.05	0.04	-0.24
		運輸	1.20	0.26	0.17	欠損値	0.16	1.22	欠損値	0.20	0.18
		専門	-0.15	-0.32	-0.21	-0.13	-0.13	-0.26	-0.04	-0.07	-0.23
		技能	0.44	0.46	-0.31	0.34	-0.4	0.27	0.13	-0.35	-0.48
		無職	-1.29	-0.81	-0.28	-0.32	-0.13	-0.17	0.34	-0.08	-0.22
その他	0.95	0.10	-0.11	-0.18	0.08	-0.27	-0.35	-0.04	0.08		

ここで、*SST*とは総変動(偏差)の平均である。*MSR*からみると、年令より職業の方が1人当たりトリップ数の変動程度をよく説明している。

これをもとにしてMCAによって、各要因のカテゴリーごとに1人当たりトリップ数がどのように変動しているかをみてみると表-5のようになる。ここには、1人当たりトリップ数の平均、要因の偏相関係数、カテゴリーの得点(あるいは重み付け)とその変動に関するレンジを示している。たとえば、7月12日に着目すると、年令が5~19才の学生の場合には、1人当たりトリップ数は式(2)から $2.59+1.70-1.23=3.06$ トリップ/人・日となる。

1人当たり平均トリップ数は、平常時とみなした10月13日に2.25トリップ/人・日であったものが、地震後1週間においてはこれから $-0.13\sim 0.34$ トリップ/人・日変化し、 $2.12\sim 2.59$ トリップ/人・日となっている。これは、4(1)に示した通りであるが、これに及ぼす影響をカテゴリーレンジによってみてみると、職業の方が年令よりも大きい。

1人当たりトリップ数に及ぼす職業の影響では、平常時には、販売業のカテゴリー得点が1.02で、最も高く、反対に技能職が -0.48 と最も低い。地震後には公務職や運輸業のカテゴリー得点が高く、反対に、地震後には教育、専門、無職のカテゴリー得点が低くなっている。特に、学生や教育職など教育関係の場合は、地震による休校に伴い交通需要が減少している。

年令別にみると、30代の層では地震後カテゴリー得点が $0.07\sim 0.45$ と大きくなっており、トリップ数を持続的に増加させている。これは30代が、地域社会の様々な面から震災復旧を含めた社会活動に中心的役割を果たしているためと考えられる。50代の層は、平常時にはカテゴリー得点が 0.70 と高いが、地震後には $-0.34\sim 0.07$ と低い水準になっている。地震当日には、大部分が学生層である20才未満の層において、カテゴリー得点が 1.71 と一番大きい。

7. 結論

震災による道路交通需要の変動のメカニズムとその変動に与えたファクターを究明することを目的として、1993年7月12日に生じた北海道南西沖地震を対象にアンケート調査に基づく解析を行なった。今回の研究より、北海道南西沖地震による奥尻島を除く松山支庁管内における地震前後の交通需要の変動について、以下の点が指摘できる。

1)地震発生当日の避難トリップ203トリップ/日は、

平常時の1日総トリップ数446トリップ/日の45.5%に相当する大きなもので、このため、地震当日の1日総トリップ数は平常時より13.7%程度増加している。

- 2)避難トリップは全て地震後の22時~23時の間に発生しており、これは平常時ピーク(7時~8時)の3倍を超える。
- 3)地震発生翌日の早朝(0時~6時)には、避難後の帰宅目的のため、この日の1日総トリップ数の26.6%にあたるトリップが発生した。
- 4)地震後1週間にわたって、出勤や登校目的のトリップは復旧活動や勤務先、学校の被害等によって減少している。業務や買い物目的のトリップは地震による新たな業務の発生や地震後の後片付け及び生活必需品の購入等のため、それぞれ平均20.0%、38.9%増加している。
- 5)避難時の交通手段としては、乗用車と徒歩がそれぞれ50%と30%程度と大きくなっている。ただし、この分担率は平常時と大きな違いはない。これは地域の公共交通に対する整備水準が低いためと考えられる。
- 6)地震後には、15分以内に全体の70%が避難を開始し、5分以内に全体の80%が避難を終了している。
- 7)震災による交通需要の変動のおよそ37%~80%程度($R^2=0.37\sim 0.80$)は、年令と職業によって有意水準1%の水準で説明される。年令より職業の方が交通需要の変動に与える影響は大きい。
- 8)地震後、交通需要の変動幅(カテゴリーレンジ)が交通需要の平均値の80%以上となるカテゴリーは、年令では20才未満と30代、職業では販売、運輸、学生、教育、無職である。これらのカテゴリーに属する場合は、震災の影響を受けやすいといえる。
- 9)平常時に比べて地震後にはタクシーの走行距離と乗客数はそれぞれ38%~70%、45%~155%増加している。
- 10)バスの乗客数の減少率は、大きな被害を受けた路線ほど大きくなっている。減少率が最も大きかったのは、江差~熊石~大成の路線で、約50%であった。

以上のように災害による交通需要の変動に対する新たな事実とその変動メカニズムのファクターを明らかにすることができた。

しかし、今回の研究では、地震発生後1週間という短い期間を解析対象としたこと、また分析対象とした地域が大都市圏とは程遠い地方であったこと、地

震発生から3ヶ月が過ぎた後に調査を行なったこと等さまざまな研究上の制約があったため、一般性の高い結果を求めることはできなかった。したがって、今後は、大都市圏を中心に、長期間にわたる事例研究を行なう必要があると考えられる。また、今回の研究は災害による交通需要の変動メカニズムに関する要因を検討することに止まっているが、今後はこの結果をもとにして、交通需要の変動に関する予測モデルの開発やネットワーク上の交通変動に関するさらに高度な研究に発展させていくことが必要と考える。

謝辞：本研究を進めるにあたり、国連地域開発センターの梶秀樹所長及び筑波大学社会学系熊谷良雄教授から貴重な御助言を得た。各種資料の提供やパーソントリップ調査などに御協力頂いた北海道開発局開発調整課の熊谷勝弘課長(当時)、同函館開発建設部 企画課の門山保彦課長(当時)、檜山支庁等の行政関係者や住民の方々、及び調査、集計に際して御協力を得た建設省土木研究所耐震研究室中島燈研究員(当時)、及び筑波大学社会学系の皆様に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 宮城県：「1978年宮城県沖地震」による事務所活動への影響調査，1979年3月。
- 2) 亀田弘行，浅岡克彦，小川信行，能島暢呂：ロマ・ブリエタ地震がサンフランシスコ湾岸地域の交通システムに与えた影響，都市耐震センター研究報告，別冊第7号，1991年3月。
- 3) 崔宰榮，川島一彦，中島燈：北海道南西沖地震による交通需要変動の解析，第9回日本地震工学シンポジウム，Vol.2，pp.2203~2208，1994.12。
- 4) 交通工学研究会編，交通工学ハンドブック，技法堂，1984。
- 5) *Highway Capacity Manual, Second Edition*, Transportation Research Board Special Report, 209, 1985。
- 6) *SPSS Statistical Algorithms, Second Edition*, SPSS Inc., Chicago, 1991。
- 7) Hogg, R.V. and Craig, A.T.: *Introduction to Mathematical Statistics, Fourth Edition*, MacMillan, New York, 1978。
- 8) 川島一彦，運上秀樹，中島燈：平成5年7月北海道南西沖地震被害調査概要，土研資料，第3204号，1993年8月。
- 9) 建設省：平成2年度交通量常時観測調査報告書，1992年3月。

(1995. 7. 31 受付)

EFFECT OF THE HOKKAIDO NANSEI-OKI EARTHQUAKE ON VARIATION OF TRAVEL DEMAND

JaeYoung CHOE and Kazuhiko KAWASHIMA

This paper describes the impact of the 1993 Hokkaido Nansei-oki Earthquake on the travel demand in the region affected by the earthquake. Such data is essential for post-earthquake road planning. Questionnaire survey was made to residents who suffered damage at Hiyama district. It was found from the analyses that travel volume for evacuation one hour after the earthquake reached 45.5% of the averaged daily travel volume, and that about 56% of that volume used automobiles. It was also found that travel volume for school and work decreased, while that for business and shopping increased after the earthquake. Multiple classification analyses showed that type of job and age are major factor for causing the variation of travel demand. In particular, variation of travel demand reached more than 80% of the average value in sales, transportation, educational business, and in the ages of 20's and 30's.