

都市における時刻別地域別人口分布と震災被害に関する研究
— P T調査データの分析に基づいて—

A Study on Relationships between Population Distribution
and Loss of Human Lives
— Based on Analysis of Person-Trip Survey Data —

中野 敦**, 本田 武志***

By Atsushi NAKANO and Takeshi HONDA

In this paper, we analyzed travel behavior of people living in Hanshin area at usual dayes. We estimated staying population and traveling population in some times based on parson trip survey data, and analyzed differenses of the damage from large-scale earthquake. And we made some consideration about disaster prevension planning.

keywords : Hanshin-Awaji Earthquake, Estimation of Loss of Human lives,
Parson Trip Survey, Staying population

1. はじめに

阪神・淡路大震災では、地震発生時刻が早朝のため、住宅地、住宅内での被害が中心であったが、通勤時間帯など他の時刻に発生していれば被害の様相は大きく異なっていたと想像できる。

わが国では今後、阪神・淡路大震災のような大規模な震災発生に際しても、被害を最小限に食い止め、円滑な都市機能の回復を図るために、今回の震災を教訓に防災対策等を検討することが重要な課題であると考ええる。

本研究は、パーソントリップ調査（以下ではP T調査と記す）のデータを用いて、施設別滞留人口、交通手段別移動人口を時刻別地域別に推計し、これを用いて震災発生時刻別の震災被害の差異を定量的

に明らかにするとともに、これに基づいて交通計画、防災対策上の課題について考察することを目的とする。

2. 分析の方法

(1) 分析に用いる調査データ

P T調査は人の1日の交通行動を総合的に把握しているため、滞留している人口を住宅や事務所、店舗などの施設別に、移動中の人口を交通手段別に、しかも時刻別地域別に把握可能であり、震災の発生時刻別の差異を反映した形で被害を想定し交通計画、防災対策を検討する上で有用なデータである。

ここでは、今回の震災の被災地域を対象として滞留人口、移動人口を様々な特性別に算出し、交通計画、防災対策上の課題を整理する。

P T調査は平成2年秋に兵庫県南部を含む京阪神都市圏で居住者の平日1日の交通行動を調査したデータで、本稿では特に通常時の時刻別地域別の滞留・移動人口を分析する（表-1）。

*キーワード：阪神大震災・被害予測・滞留人口・パーソントリップ調査

**正員 学修 (財)計量計画研究所 交通研究室
(〒162 東京都新宿区市ヶ谷本村町2-9
TEL.03-3268-9911 FAX03-3268-9919)

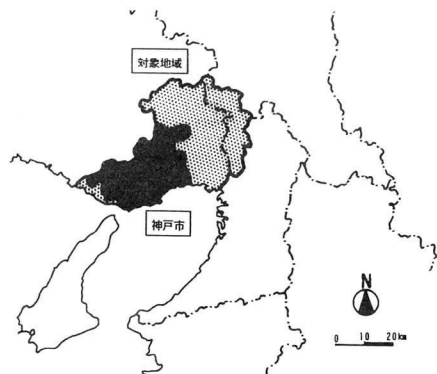
*** 工修 建設省近畿地方建設局企画部都市調査課
(〒540 大阪市中央区大手前1丁目5番44号
TEL.06-942-1141 FAX06-942-7463)

表－1 京阪神都市圏PT調査の概要

調査日	平成2年10月・11月
調査方法	訪問世帯配布訪問回収法
調査対象地域	大阪府全域、京都市・滋賀県・奈良県・和歌山県、兵庫県の一部
調査内容	外出の有無、午前3時から翌日午前3時までの全ての交通行動 (発着時刻、交通目的、交通手段、鉄道の場合の経路、発着地、自動車の乗車人数・駐車場所等)

(2) 分析対象地域

ここでは、京阪神都市圏のうち、兵庫県神戸市、尼崎市、西宮市、芦屋市、伊丹市、宝塚市、川西市、三田市、明石市、猪名川町、大阪府箕面市、池田市、豊中市、能勢町、豊能町を被災地域と設定して分析を行う(図－1)。



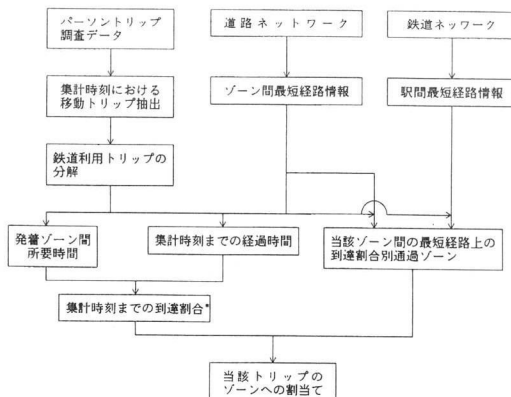
図－1 分析対象地域

(3) 滞留人口、移動人口の推計方法

PT調査では、ある日の午前3時から翌日の午前3時までのトリップについて、発着地、発着時刻、交通目的、利用交通手段、発着施設を全て調査している。時刻別の滞留人口は、ある時刻に移動中でない人口を足し上げることにより、滞留施設、その地域までの交通目的、移動交通手段、個人属性などとクロスして把握できる。

移動人口は、移動中のトリップについて、ある時刻までの発地からの移動時間を考慮し、交通手段別にネットワーク上のある地点にこれを割当て、さらにゾーン別に足し上げることによって推計する(図－2)。自動車、徒歩、二輪車、バス利用トリップ

は道路ネットワークを用いてゾーンに割当てる。鉄道利用トリップについては、駅へのアクセス、イグレス部分は徒歩等の端末手段別に発着ゾーン中心と駅の所在するゾーン中心との間に道路ネットワークを用いて割当て、ラインホール部分については駅間に鉄道ネットワークを用いて割当てる。移動人口についても、交通手段の他、交通目的、居住地、個人属性などとクロスした値として把握できる。



図－2 移動人口の算出方法

3. 時刻別地域別人口分布と震災被害

(1) 時刻別人口分布の特性と震災被害

全域での時刻別の滞留人口、移動人口の算出結果を図－3に示す。人口を算出する時刻は、原則として30分毎としたが、朝の通勤時間帯は15分毎、早朝・深夜は1時間毎とした。午前3時の人口は約380万人であるが、そのほとんどは滞留している。時間の経過とともに移動中の人が増加し、午前8時に最も移動人口が多くなり(約99万人)、この時点の総人口に対して約4分の1強を占める。その後移動人口の割合は減少し夕方にかけて再び増加するが、その割合はピークの18:00において約13%で朝のピークの半分程度である。昼間になると総人口がやや減少し、14時に最も少ない約351万人となるが、これはこの地域から大阪方面への就業者流出がこの地域への流入を上回るためと考えられる。

全域の施設別滞留人口を図－4に示す。午前3時には、大半の人が住宅に滞留している。午前7時頃から通勤・通学が始まって滞留人口は減少し、9時

頃から学校等（教育文化医療施設）、事務所、工業施設への滞留が増加する。11時の段階で住宅の滞留は最も少ない約120万人、午前3時の時点の約32%である。この時点でも住宅への滞留が最も多いが、次いで学校等が多く、事務所、工業施設、商業施設の順となっている。商業施設への滞留は12:30に最も多くなり約27万人である。

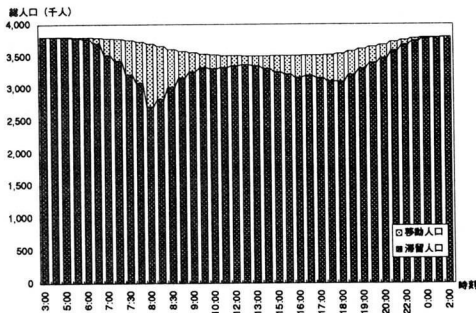


図-3 時刻別滞留人口・移動人口（被災地全域）

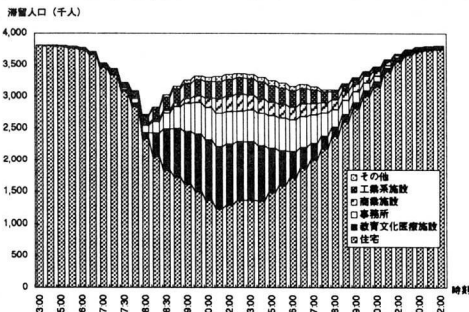


図-4 時刻別施設別滞留人口（被災地全域）

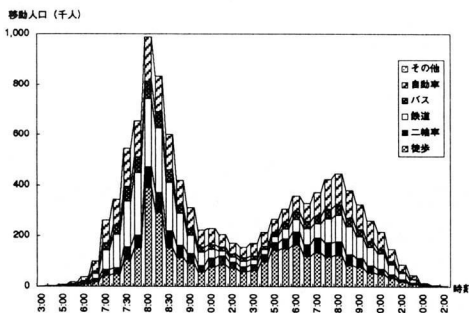


図-5 時刻別交通手段別移動人口（被災地全域）

全域の交通手段別移動人口を図5に示す。移動人口の総数は午前3時には非常に少なく朝の通勤時間帯に急激に増加し、8:00にピークを迎える。この時の人口は徒歩が約39万人で最も多いが、鉄道がこれ

について多く約27万人に上っている。自動車の移動人口もこの時がピークで約17万人となっている。

以上のように時刻別の人口が著しく異なることから、地震の発生時刻によって、被害の様相が大きく異なることが推定できる。

すなわち、夜間および早朝に地震が発生した場合には、住宅での滞留人口が大半であり、今回の震災と同様に住宅での被害が中心となる。

朝の通勤時間帯においては、移動中の人口が多く、交通機関で移動中の人の被害が大きくなると考えられる。中でも、鉄道利用の移動人口は、ピーク時で約27万人に上り、震災による鉄道施設の被害の大きさを考えるとかなりの人的被害が予想される。また、自動車で移動中の人もピークの8時の時点では17万に上り、自動車の被災とそれに伴う、道路交通の阻害の問題もこの時刻に最も深刻になるとみられる。歩行者もピークの8時の時点では、約39万人に上り、地域の状況にもよるが、歩行中の落下物等による人的被害も大きいと考えられる。

昼間の時間帯になると、事務所、工場、商業施設、学校への滞留人口が多くなるため、従業地での被害が多くなると考えられる。今回の地震のように、事務所ビルや商業施設において建物の被害が大きいと人的被害も大きなものになると考えられる。また商業施設に滞留する人の多くは買物客であり、居住地や勤務先・通学先にいる人に比べて、被害にあった場合に周辺の状況をよく知らないため、誘導等適切な対応が特に重要であろう。

夕方から夜間にかけては、徐々に住宅への滞留が増加するが、21時の時点でも、商業施設に約6万人が滞留している。この時間帯の商業施設への滞留は、飲食店等が多く、一部地域への集中が激しいと考えられ、これらの地域では配慮が必要となる。

(2) 時刻別地域別の人口分布と震災被害

次に、滞留人口・移動人口を代表的なゾーンを取り上げて地域別に比較する。図-6は三宮地区の滞留人口・移動人口を示している。主要な従業地であるこのゾーンでは、夜間の人口に比べ昼間人口の割合が非常に多く、ピークの午後1時には午前3時の約4.3倍の約15万7千人が存在している。また、朝のピーク時（8時）における移動人口の割合が著しく

多く、総人口の4割を占める。移動人口のうちの約4割の1万1千人が鉄道を利用して。また、徒歩のピーク時は8:45であり、この時約1万3千人が歩行している。

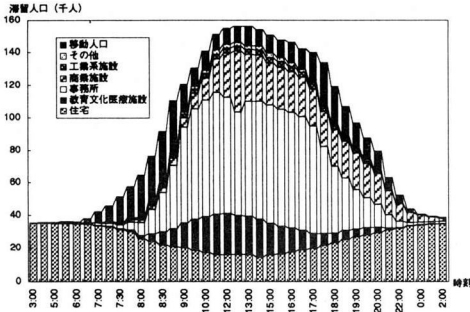


図-6 都心部の施設別滞留人口と総移動人口

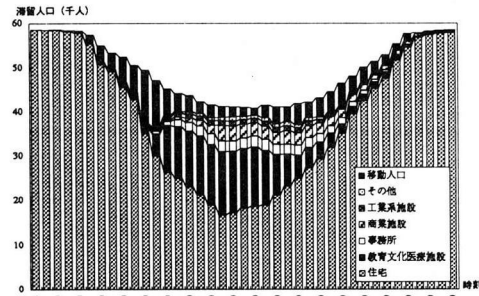


図-7 住宅地の施設別滞留人口と総移動人口

図-7は、住宅地域である北区南部中央の滞留人口・移動人口を示している。この地域では夜間（午前3時）の人口が約5.8万人で最も多く、午後2時の人口は約4.1万人で夜間の約7割まで減少する。この傾向は、住宅地域に共通にみられる。

時刻別人口変化の地域による差異をみるため、図-8にゾーン別の昼夜間人口比を示す。ここでは、

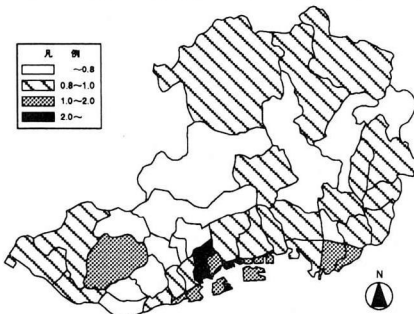


図-8 滞留・移動人口でみた昼夜間人口比率

夜間人口は午前3時、昼間人口は午後1時の人口であり、昼間人口を夜間人口で除した値を示している。

都心部や臨海部で比率が1を超え、周辺の地域において1未満となっている。2を超える特に昼間の人口の多い地域は、神戸市中央区と灘区の一部にみられる。西区の内陸に1ゾーン1以上のゾーンがあるが、この地域は大学が集中した地域である。

図-9は、人口が最も多い時刻をゾーン別に示したものである。ピーク時刻はほぼ夜間となっているゾーンが最も多く、都心部、臨海部の地域では昼間にピークがある。周辺地域で昼間にピークがあるのは、西区東部の大学等の集積したゾーンのみである。主要な鉄道の通過する一部ゾーンでは朝が人口のピークとなっている。

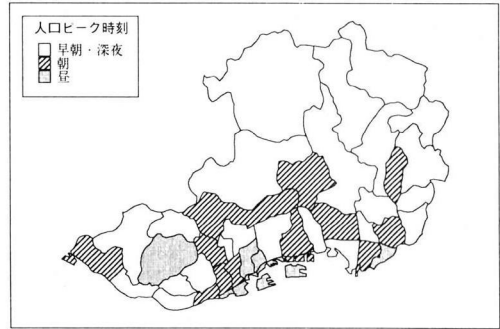


図-9 ゾーン別の人口ピーク時刻

時刻別の人口変化には、地域別に大きな差異があり、都心部や工業地域では人口のピークが昼にあり、居住人口を大幅に上回っている。逆に住宅地域では夜間に人口が最も多く、昼間は人口が減少する。したがって、これらの地域特性によって、発災時刻別の被害の大きさ等が異なり、防災計画で前提とする時刻を変更するなどの配慮が必要であろう。

図-10は、午前3時と午後2時における地域別の住宅の滞留人口である。住宅の滞留人口は、全域的にいずれのゾーンも夜間の方が昼間より人口が多く、夜間でみると10万人以上のゾーンが多数みられるが、昼間はほとんどみられない。

一方、図-11は午後2時における事務所の滞留人口であるが、住宅に比べると、神戸市の中心部など一部の地域に人口が偏っている。

このように、人口が滞留する施設も地域によって大きく異なり、都心部における地理に不案内な買物客等への対応など、地域の特性に応じた対策の必要が指摘できる。

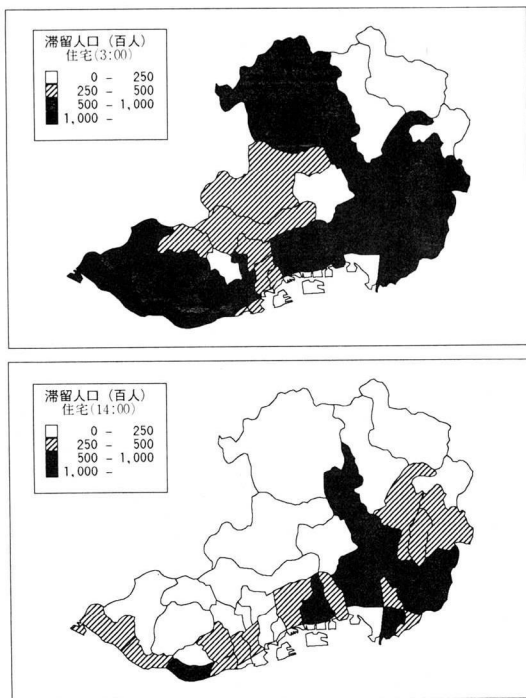


図-10 地域別の住宅の滞留人口

移動人口をみると、都心部においては、鉄道や徒歩による移動人口がピーク時には1万人を超えるなど非常に多くなっている。鉄道で移動中の人に対する適切な誘導や歩行中に負傷する人に対する考慮など、特別な配慮が必要と考えられる。時刻別にみる

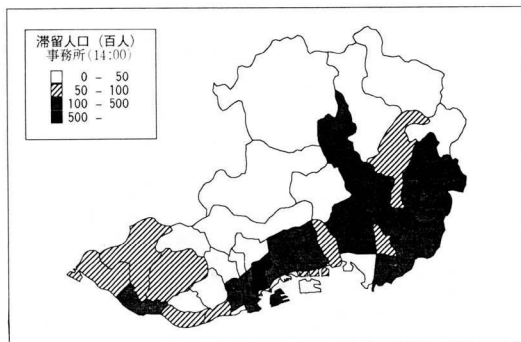


図-11 地域別の事務所の滞留人口

と鉄道では昼間の移動人口は小さいものの、朝のピークの集中度が著しく高い、歩行者は朝から夜の9時くらいまで、常に相当の移動人口（最低4千人以上）があり、夕方のピークが朝とほぼ同じ割合であるといった特徴の差異がみられ、対策を検討する場合の対象時刻についてもそれぞれ異なると考えられる。

図-12は、鉄道による移動人口を地域別に示しているが、鉄道の通じている特定の地域に集中している様子がうかがえる。

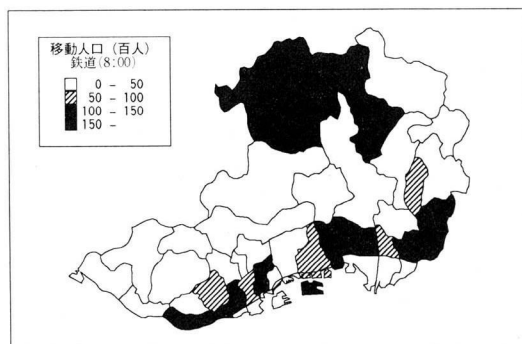


図-12 地域別の鉄道による移動人口

4. 滞留・移動人口からみた計画上の留意点

(1) 都心部のオープンスペースに関する分析

都心（三宮）ゾーンにおいては、前述のように昼間非常に多くの人口が集中するが、昼間に震災が起こった場合に避難のために相当の広さのオープンスペースが必要になる。ここでは、現在のオープンスペース面積と昼間の滞留・移動人口の関係から、震災直後の避難の可能性について検討する。なお、ここでは、都心ゾーンとして、三宮・元町・神戸駅を含む2つの小ゾーンのエリアを対象とする（図-13）。また、震災直後には、建物の被害の有無等に係わらず、一時的には全員が屋外に避難することを想定して試算したものである。

都心のオープンスペースとして、地図より、公園、学校の校庭、駅前広場、幹線道路等の面積を計測した（図-13）。なお、幹線道路については、大規模な震災発生時には、ある程度以下の幅員の道路は、建物や電柱の倒壊によって危険な状態になり、利用不可能と想定し、幅員20m以上の道路を対象とした。

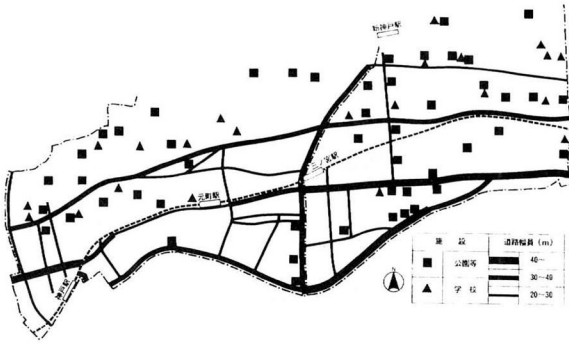


図-13 都心のオープンスペース

表-2 一人あたりオープンスペース

	区域面積	昼 間 (午後1時)		夜 間 (午前3時)		
		人口密度	一人あたり面積	人口密度	一人あたり面積	
区域面積	738.6ha	342人/ha	29.27㎡	116人/ha	86.06㎡	
オープンスペース	115.8ha	2,179人/ha	4.59㎡	741人/ha	13.49㎡	
内 駅	道路	77.3ha	3,265人/ha	3.06㎡	1,111人/ha	9.00㎡
	公園等	38.5ha	6,550人/ha	1.53㎡	2,228人/ha	4.49㎡

この結果、上記のオープンスペースは都心部で約115.8haとなり、ピーク時(13時)の一人あたりの面積は、4.59㎡となる(表-2)。公園内には池や植え込みなど利用不能スペースがあり、震災発生直後には路上に倒壊物や放置自動車が増えることを考えると実際の利用可能スペースはさらに小さくなる。また、被災をまぬがれた自動車が道路上を走行することも予想され、幹線道路の全てを避難者が利用できないと考えられる。さらに、震災直後には、建物の崩壊等によって発生する負傷者の応急手当のための空間や、重傷者の搬送も必要であることなどを考えると、オープンスペースの不足による種々の問題の発生が危惧される。

ただし、ここでの試算は、オープンスペースの計測を図面上で行っており、全人口が屋外に出るとするなどの仮定をおいた上での一つの値であって、実際の対応を検討するためにはさらに詳細な分析を行うことが必要であろう。

(2) 帰宅交通に関する考察

大規模な地震の発生直後には、鉄道等の公共交通

が全面的にストップするため、移手段は徒歩、二輪車あるいは自動車となることが予想される。ここでは、徒歩や自動車を利用して大量に発生すると予想される滞留・移動中のゾーンから自宅までの帰宅交通の特性について分析を行う。

a) 自宅までの距離帯別の人口

対象地域全域における時刻別の自宅までの距離帯別総人口を以下に示す(図-14)。

早朝の時間帯は、大半の人が自宅に滞留していることから、自宅から2km以内にいる人が大半であるが、昼間時には、通勤・通学先に滞留している人や移動中の人が多くなり、自宅からの距離が2km以上の人の割合が約3割(約118万人)、20km以上の人も9%弱を占める。

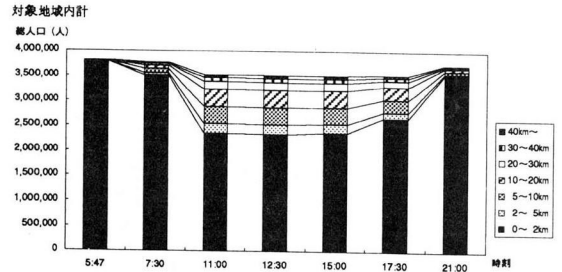


図-14 時刻別・自宅までの距離帯別総人口 (対象地域全域)

自宅までの距離の地域による差をみるため、次ページに12:30時点の自宅までの距離が20km以上の人口を地域別に示す。神戸市中央区、西宮市、豊中市南部などで、20km以上自宅を離れた人々が1万5千人を超えている。

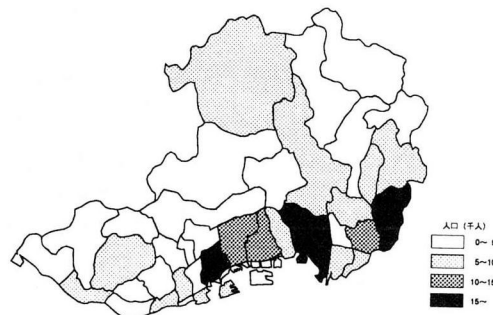


図-15 自宅までの距離20km以上総人口(12:30)

b) 都心部における自宅困難者

遠距離居住者が最も多い都心部（三宮地区）における自宅までの距離帯別の人口を以下に示す。都心部では昼間時に周辺地域から多くの人が集中するため、12時半の時点で自宅までの距離が20km以上の人が4万人（約25%）、30km以上の人が1万8千人（約12%）に上る。

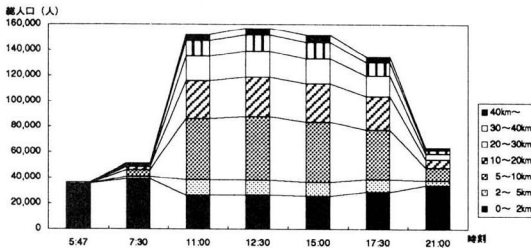


図-16 時刻別・自宅への距離帯別総人口（都心部）

③ 帰宅交通量

自宅を離れた場所で震災にあった人の多くは自宅へ向かうものと考えられるが、大規模な震災の直後には公共交通がストップしているため、徒歩や自動車によって帰宅する人が多く発生する。図-17は、12:00に自宅を離れている人が全て徒歩で帰宅すると考えた場合の交通量を示している。臨海部のゾーン間を中心に、10,000人以上の需要が数多くみられ、30,000人以上の需要もみられる。また、隣接ゾーンのみならず比較的遠くへの需要もみられる。

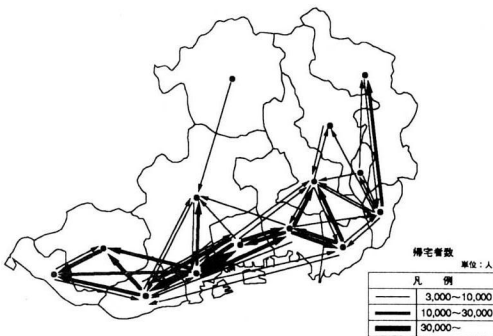


図-17 徒歩による最大帰宅交通需要

図-18は、12:00に自動車利用可能者が全て自動

車で帰宅した場合の交通需要を示している。5,000人以上の交通量となるゾーン間が多数生じている。

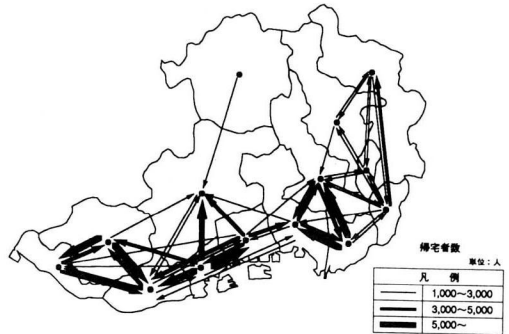


図-18 自動車による最大帰宅交通需要

震災の直後にどの程度の距離まで徒歩で帰宅可能かは定かではないが、上記のように遠距離の地域に居住する人も多いため、徒歩で帰宅できない人も相当程度生じるものと考えられ、これらの人への対応を検討する必要がある。

京阪神都市圏交通計画協議会が実施した実態調査の結果によれば回答者の半数程度は、都心において被災した場合には、自宅に向かうとしており、多くの人が徒歩で帰宅する行動をとると考えられる。また、避難所へ向かうと回答した人も数十%いるが、その多くは避難所の場所を知らないため、避難所や安全な場所を探す人などの徒歩交通が大量に発生することも予想される。そしてこの場合、歩行者が一気に幹線道路に集中し、歩行可能な幹線道路の容量の不足、自動車交通との輻輳等により、危険な状況が生じる恐れがある。

(3) 被災者の救援

今回の震災の際には、多くの人が自宅にいたが、昼間地震があった場合には、若年男性が通勤などで自宅を離れている場合が多く、負傷者の救援が困難になることが考えられる。若年男性人口の昼間と夜間の比率をゾーン別にみると、郊外部においては昼間は夜間より少なく70%未満のゾーンも多く存在する。従って、これら地域では大地震による家屋の倒壊が生じた場合、昼間は夜間に比べ救助活動の中心となる若年男性が不足し、救助の遅れが生じる可

能性があることが予想される。

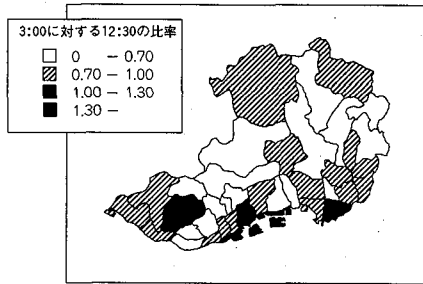


図-19 深夜に対する昼間の若年男性人口の比率

4. おわりに

本稿では、PT調査データにより、滞留・移動人口の算出方法を示し、この方法によって算出した人口データに基づいて、人口分布の差異による被災時刻別地域別の被害の様相とこれに基づく交通計画、防災対策上の留意点を考察した。

この結果、人口分布からみて、被災時刻別地域別に想定される被害の様相には差異が大きく、今回の震災の被害は、早朝・深夜に地震が発生した場合に特有のものであって、他の時間帯に地震が発生した場合には大きく異なる被害が生じることが、ある程度定量的に示された。また、三宮地区のような大都市圏の商業中心地においては、人口の集中により、昼間時に大規模な地震が発生した場合、オープンスペースの確保や帰宅困難者への対応など多くの問題を抱えていることがわかった。

そして、これらの分析によって、PT調査に基づく人口分布データを防災対策、防災面を考慮した都市交通計画の検討に用いる方法が示されたものと考えられる。今後は、多くの都市圏において、PT調査データを活用して、被害の予測と対応策の検討を行うことが望まれる。

参考文献

1. 建設省他：第3回京阪神都市圏PT調査報告書
2. 岸野啓一，本田武志，白井芳樹，中野 敦：震災時の交通行動に関する一考察，土木学会阪神・淡路大震災に関する学術講演会，1996年1月．P.665-672