

# 第81回運輸政策コロキウム

## 首都震災時の鉄道による 帰宅行動がもたらす危険性について

2006年9月27日

(財)運輸政策研究機構 運輸政策研究所

研究員 大野 恭司

# 本日の報告内容

1. 研究の背景と目的
2. 想定被害と震災対策
3. 鉄道ネットワークに起こりうる危険性
4. 駅内・外に起こりうる危険性
5. まとめ

# 本日の報告内容

1. 研究の背景と目的
2. 想定被害と震災対策
3. 鉄道ネットワークに起こりうる危険性
4. 駅内・外に起こりうる危険性
5. まとめ

# 研究の背景

## 首都直下地震の切迫性

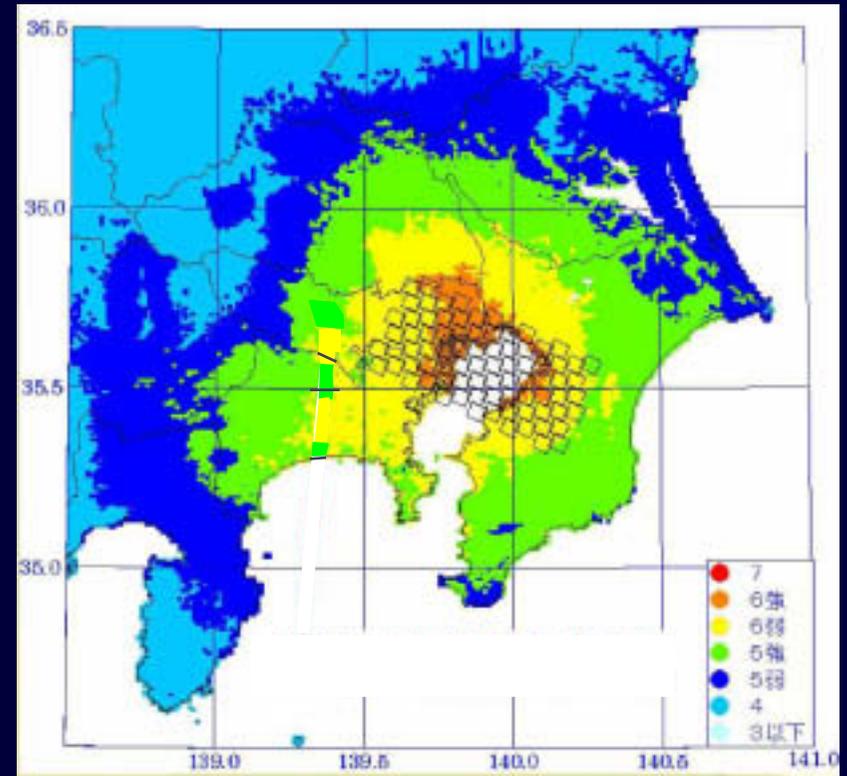
首都東京エリア：中枢機能の集積

東京湾北部地震(7.3)の震度分布想定図



都市交通機能の寸断

帰宅困難者の大量発生



出典：防災白書(2005)

# 問題意識

- ・帰宅困難者の対策は徒歩帰宅が中心  
都市交通機能が完全に麻痺した状態を想定
- ・都市交通においてはインフラの議論が中心
- ・鉄道交通  
早期サービス開始による早期帰宅を支援する必要性  
部分途絶したネットワークにより起こりうる現象・危険性の検討がなされていない

鉄道ネットワーク全体として  
帰宅困難者問題の検討がなされていない

# 鉄道ネットワーク被災時の問題点

不足しているものは、

- ・ネットワークとしての鉄道交通の認識

鉄道事業者は自路線のみを管理

ネットワーク上の旅客流動の情報が共有化されていない

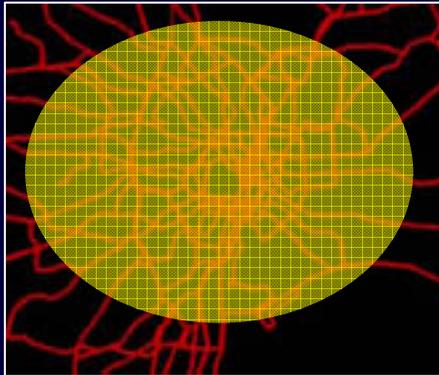
- ・想定外の旅客集中時の体制

普段と異なる旅客の流れ、滞留による危険性の認識

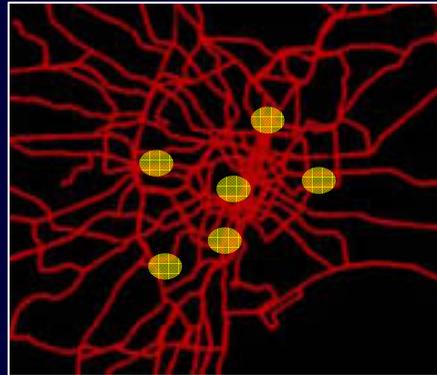
運行支障時・再開時における、ネットワーク上の他路線・駅への旅客の流動を考慮した体制が必要

# 想定される鉄道の被害

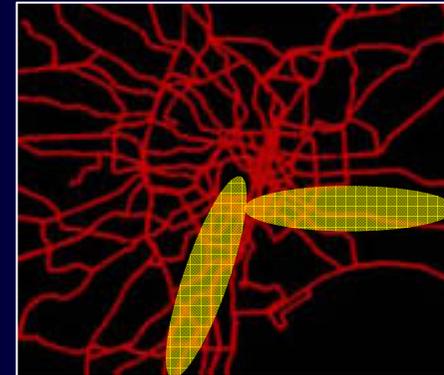
広範囲



局所的



部分的



広範囲な被害・・・数日～数ヶ月間におよぶ運行中止

局所的な被害

部分的な被害

一時的な運行中止

被害を免れた路線が運転再開

- ・ 部分的に途絶した鉄道ネットワークの形成
- ・ 滞留者の一斉帰宅行動の可能性

# 二次・三次災害の危険性

部分的に途絶した  
鉄道ネットワーク

一斉に帰宅行動

運転再開



通常と異なる人の流れ  
予期せぬ場所に滞留

情報の錯綜・混乱

余震

群集事故の危険性

その対策は？

# 研究の目的

1

災害時の帰宅行動がもたらす鉄道ネットワーク上の  
**危険な場所・問題の提起**

2

旅客の流動を考慮した復旧方法・誘導方法を支援  
**ソフトウェアの構築**

# 本日の報告内容

1. 研究の背景と目的
2. 想定被害と震災対策
3. 鉄道ネットワークに起こりうる危険性
4. 駅内・外に起こりうる危険性
5. まとめ

# 被害想定と災害対策

- 首都直下地震の被害想定の概要
- 帰宅困難者問題の概要
- 鉄道交通の震災対策
- 震災時の鉄道運行と起こりうる問題

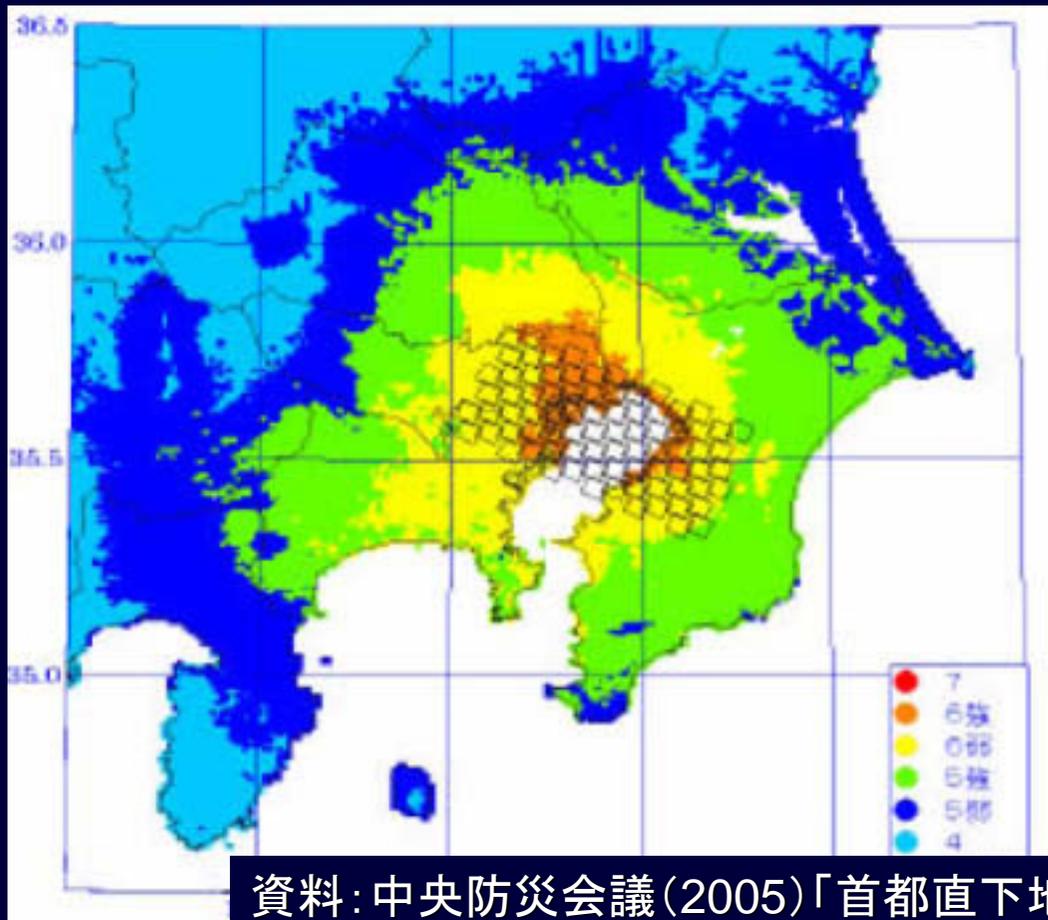
# 首都直下地震の被害想定概要

- 中央防災会議における被害想定条件
  - 切迫性を有しているマグニチュード7クラスの**18タイプ**の**地震動**を想定(東京湾北部地震等)
  - **4つのシーン**(冬朝5時, 秋朝8時, 夏昼12時, 冬夕方18時)を想定
  - **風速**は3m/s(阪神・淡路大震災), 15m/s(関東大震災)の**2パターン**を設定

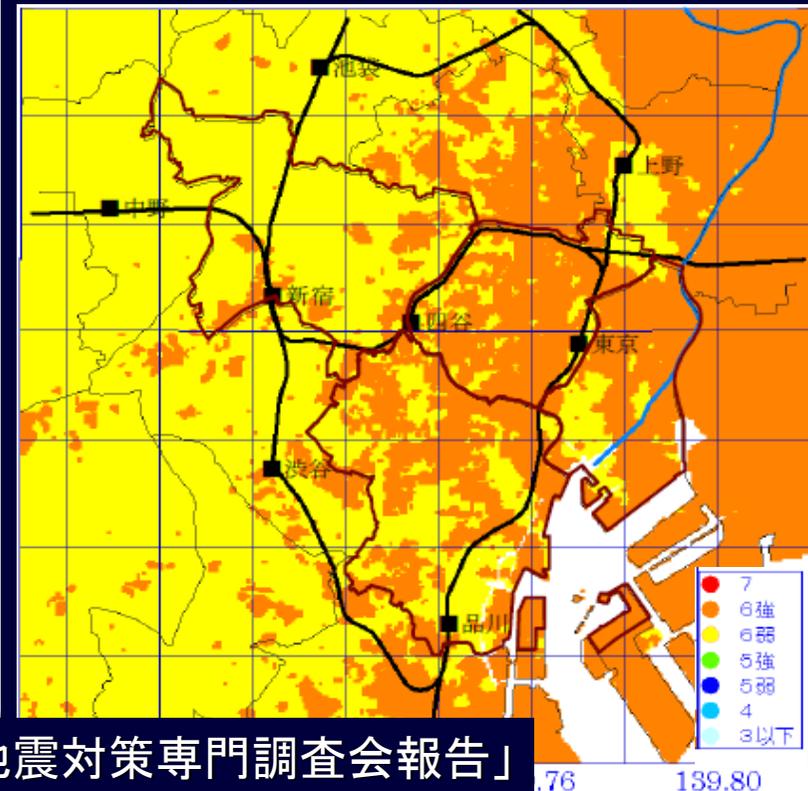
# 東京湾北部地震(M7.3)

- ある程度の切迫性
- 都心部に強い揺れの発生
- 震度6弱以上の分布が広範囲

首都直下地震対策の  
主な対象となる地震



都心部拡大図

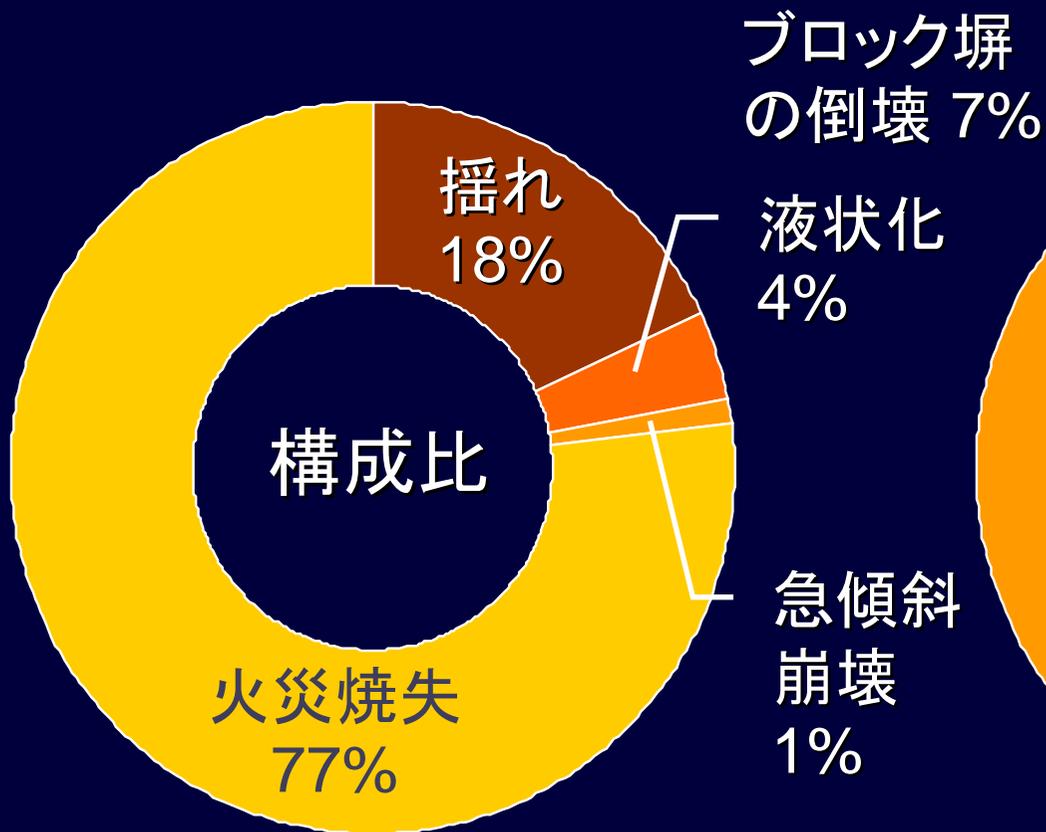


# 建物被害, 人的被害

東京湾北部地震M7.3 冬夕方18時 風速15m/s

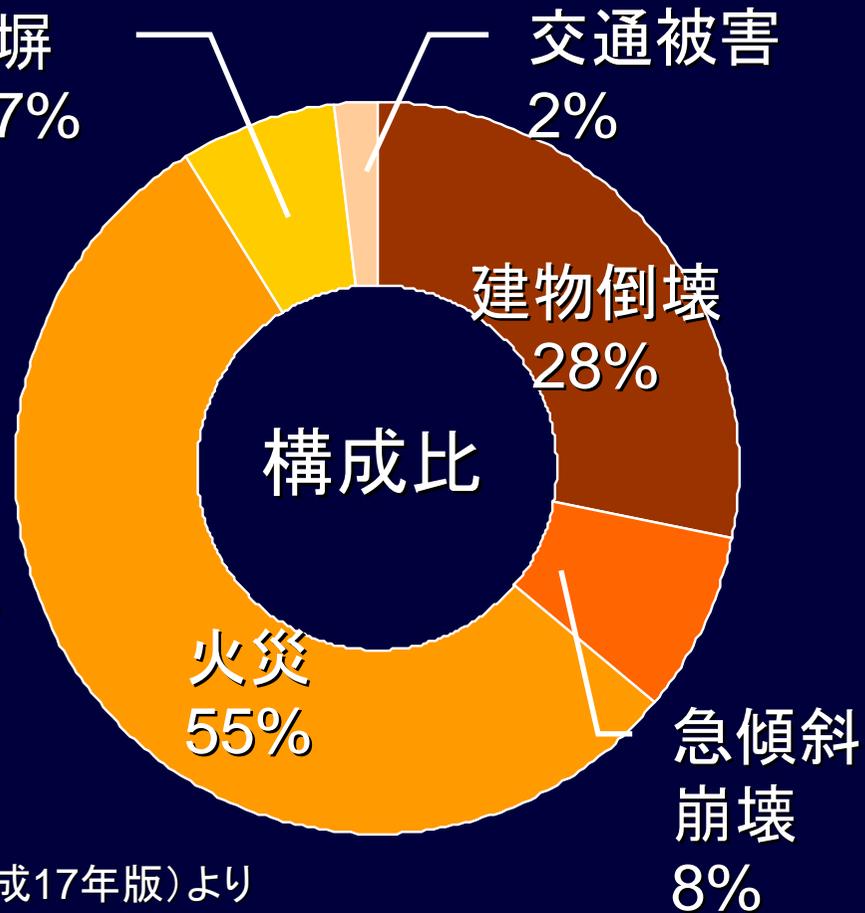
## ■ 建物全壊棟数・火災焼失棟数

約85万棟



## ■ 死者数

約11,000人

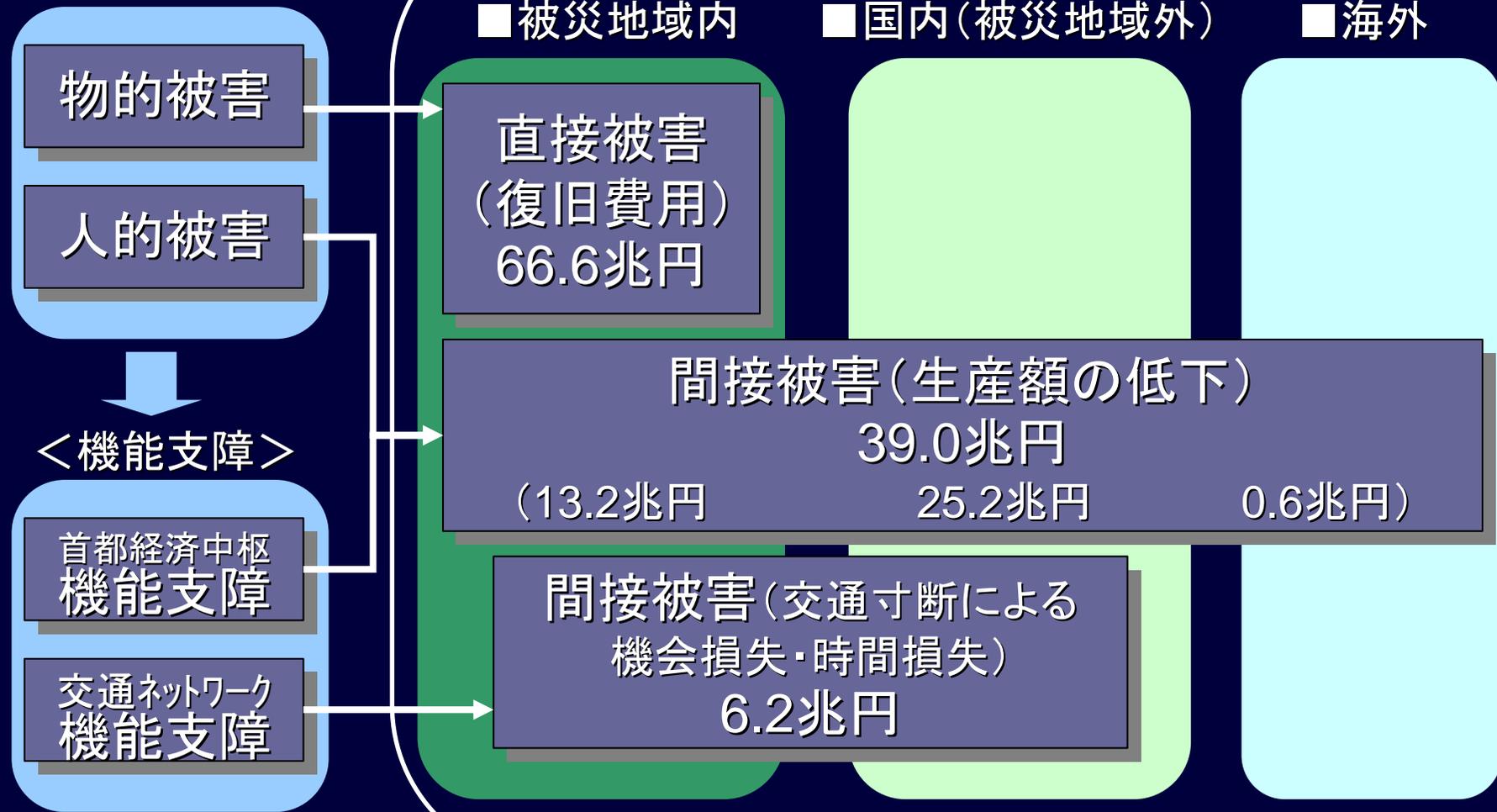


資料: 内閣府防災白書(平成17年版)より

# 経済被害

東京湾北部地震M7.3  
冬夕方18時,風速15m/s

経済被害 約112兆円



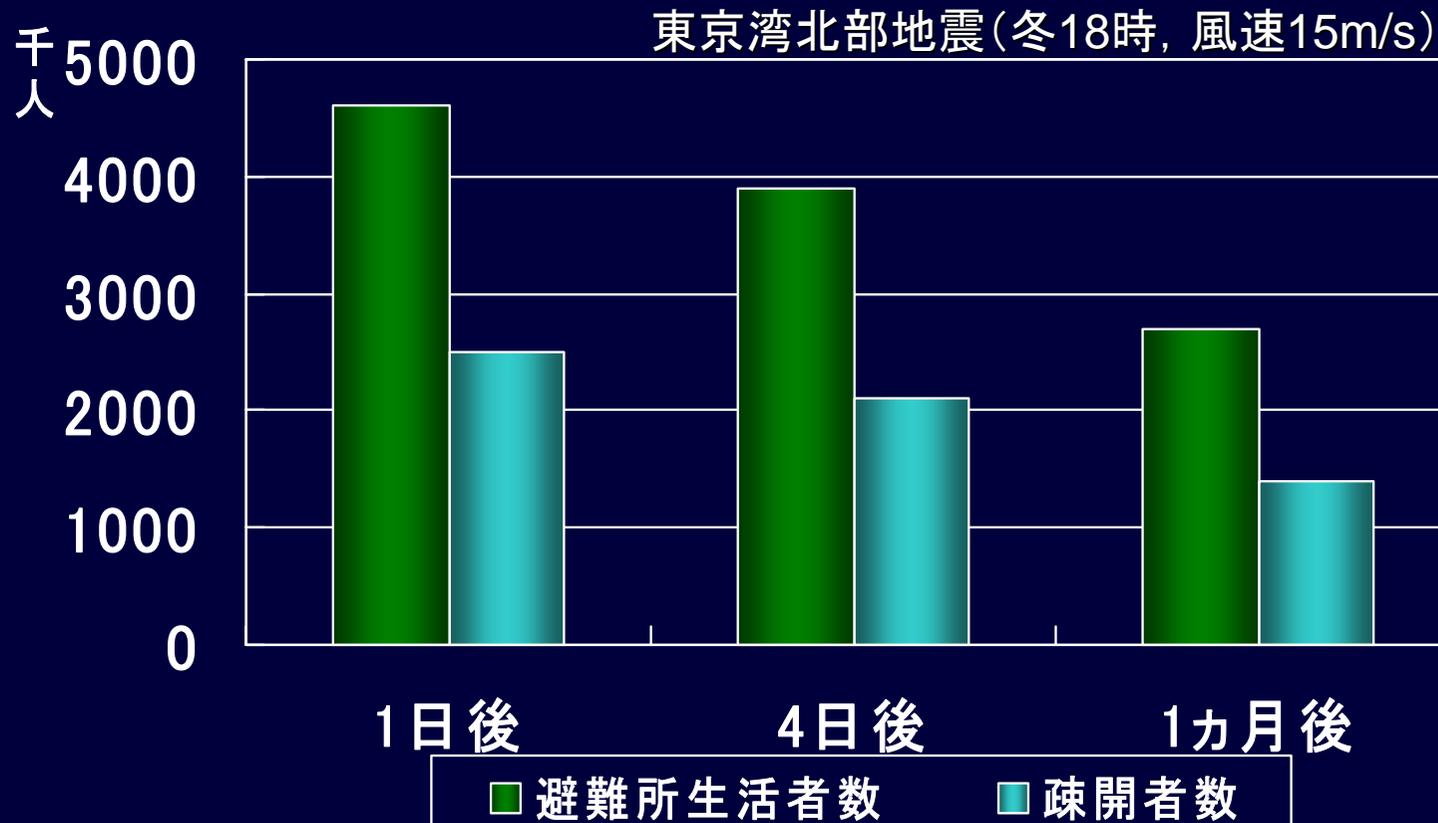
資料:内閣府防災白書(平成17年版)より

# 避難者数

避難者数 最大約700万人発生



このうち、避難所生活者 最大約460万人



資料: 中央防災会議(2005)「首都直下地震対策専門調査会報告」より作成

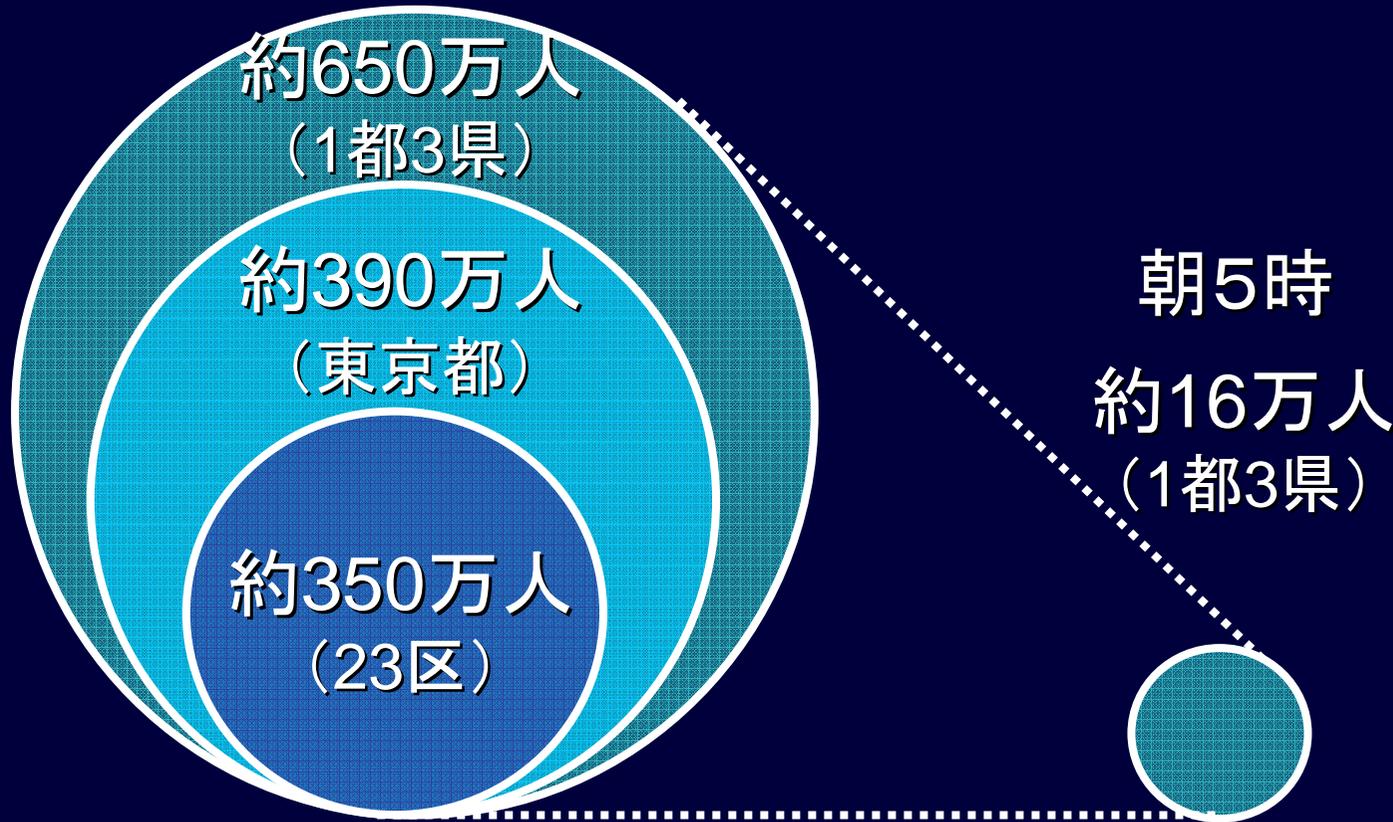
© Mr. Kyoji OHNO, Institute for Policy Studies, 2006



# 帰宅困難者

昼12時

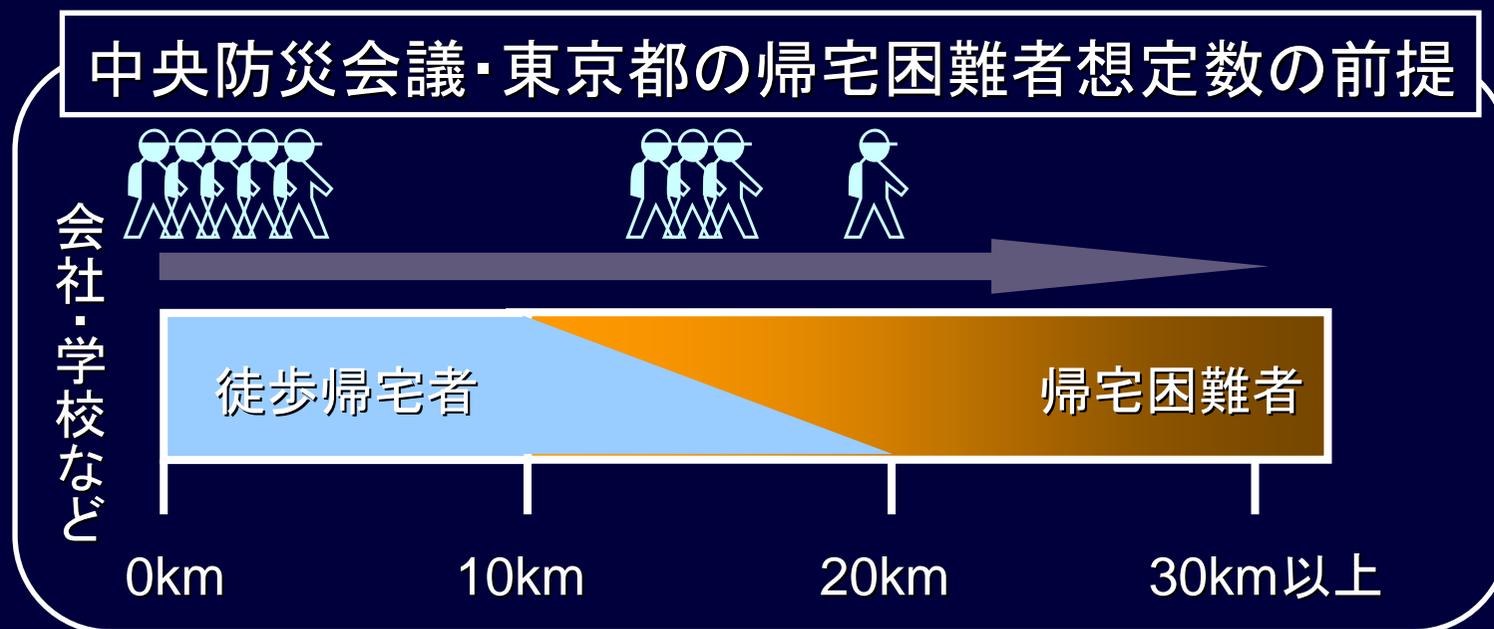
(東京湾北部地震M7.3)



資料: 中央防災会議(2005)「首都直下地震対策専門調査会報告」,  
東京都防災会議(2006)「首都直下地震による東京の被害想定」より作成

# 帰宅困難者の定義

- 自宅までの距離が遠く、交通機関が寸断し、徒歩による帰宅が困難な者
- 帰宅距離が10kmまでは100%徒歩帰宅、10km超え20km未満は徒歩帰宅者が減少、20km以上は帰宅困難者とする

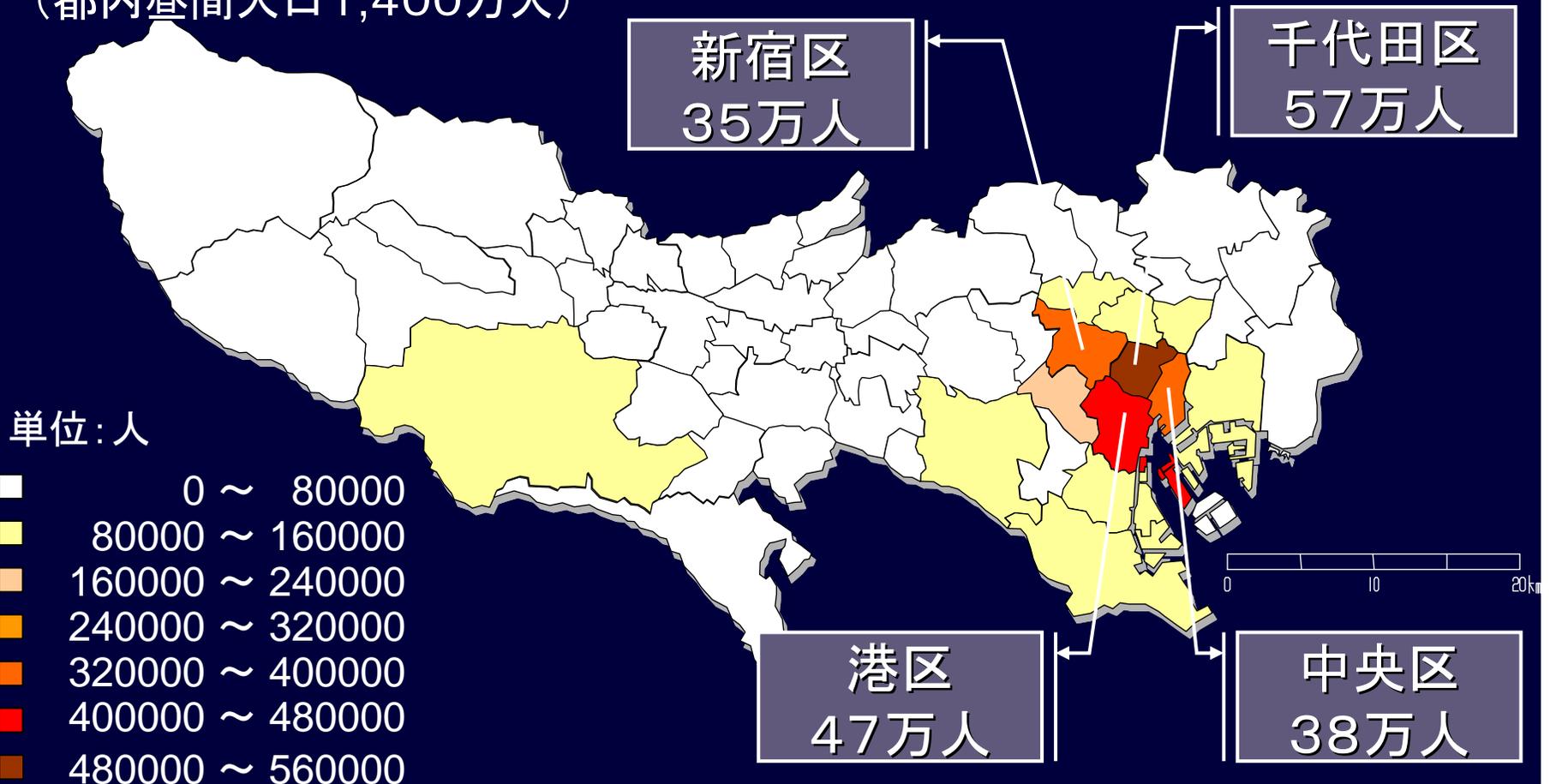


# 東京都内の帰宅困難者発生分布

東京湾北部地震(M7.3)12時

- 約390万人(東京都内)

(都内昼間人口1,400万人)



資料:東京都防災会議(2006)「首都直下地震による東京の被害想定」より作成

# 帰宅困難者の支援対策

- 帰宅支援対象道路(16路線の選定)
- 帰宅支援ステーション(都立学校など)
  - 水, トイレ, 休息の場の提供, 情報提供など
- 災害時徒歩帰宅者支援に関する協定
  - コンビニエンスストア, ガソリンスタンド
- 普及啓発・情報提供
  - 「帰宅困難者心得10か条」
- 徒歩帰宅訓練, 代替交通機関輸送訓練 など

# 鉄道交通の震災対策

## ■地震発生時の被害軽減＜施設の耐震対策・脱線対策＞

- ・高架橋柱の耐震補強
- ・地下構造物の中柱補強
- ・落橋防止対策
- ・駅の耐震補強
- ・液状化対策
- ・擁壁補強工事
- ・非常電源用発電機の整備
- ・地震警報自動通報システムの増設 など

## ■地震発生時の二次被害軽減＜避難・救出訓練＞

- ・列車脱線を想定した救出訓練
- ・線路上の歩行誘導訓練
- ・駅構内火災訓練
- ・駅構内旅客の誘導訓練 など

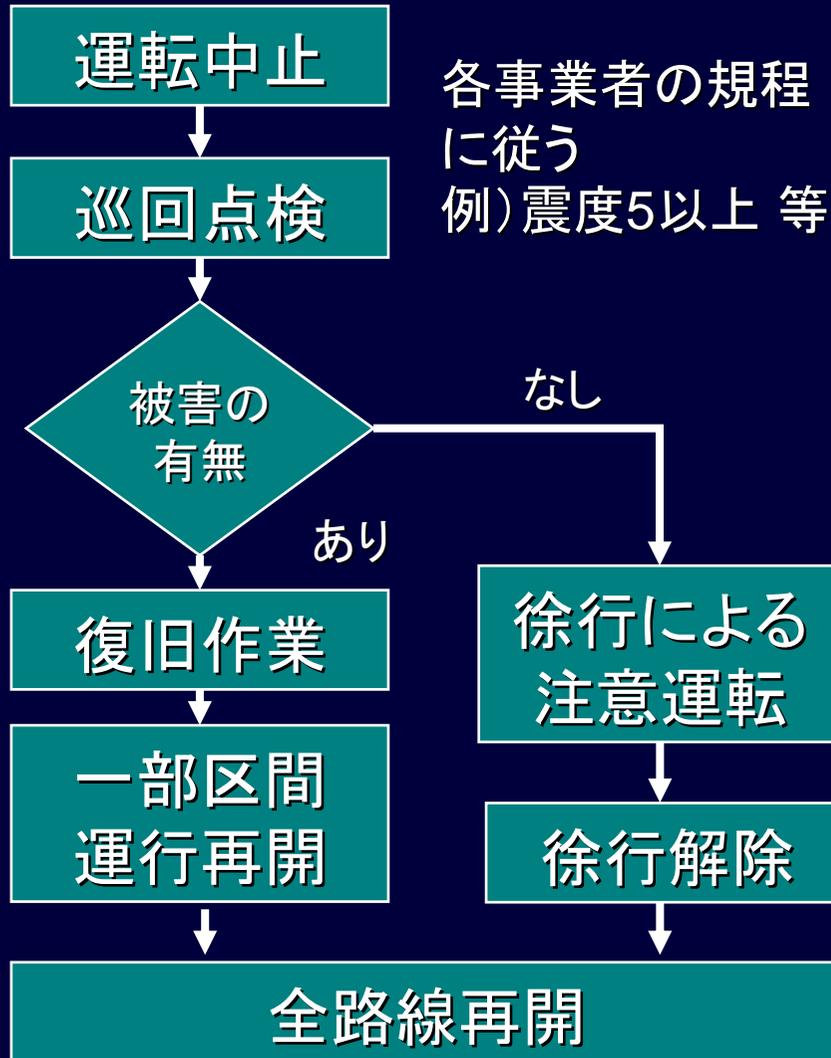
- ・被害軽減の取り組みの推進
- ・運行再開による旅客集中時の検討が不足

# 大震災時の鉄道運行

## 鉄道運行フロー

## ネットワーク形状

地震発生



全路線の運転中止

1都3県広域に震度6弱以上の震度分布

大量の足止め  
旅客の発生

(平日昼間地震発生の場合)

部分的に途絶した  
ネットワーク

健全なネットワーク

全路線  
運転再開

# 鉄道交通に想定される問題

## 地震発生時

構造物 倒壊, 損傷

線路上 列車の脱線, 徒歩避難

車内 旅客の閉じ込め

駅構内 落下物, 旅客の混乱, 倒壊

# 鉄道交通に想定される問題

## 地震発生時

### 地下鉄

線路内・駅構内の  
倒壊, 浸水, 停電, 火災

# 鉄道交通に想定される問題

## 運行停止中

車内 旅客の閉じ込め

駅構内 旅客の混乱・滞留

駅周辺 街中の人々の集中・滞留

# 鉄道交通に想定される問題

## 部分的な運行再開

車内 ピーク時以上の混雑

駅構内 旅客の集中・滞留

駅周辺 街中の人々の集中・滞留

# 防災の意識

- 鉄道交通の震災対策

- 地震発生時の被害軽減対策の推進
- 運行再開時の過剰旅客集中への対策
- 部分的に途絶したネットワークによる旅客流動の検討の必要性



- 部分的に途絶したネットワーク上で起こりうる危険性を把握

- 最近発生した首都圏の地震による影響のレビュー
- 途絶したネットワークによるシミュレーションの実施

# 本日の報告内容

1. 研究の背景と目的
2. 想定被害と震災対策
3. 鉄道ネットワークに起こりうる危険性
4. 駅内・外に起こりうる危険性
5. まとめ

# 最近発生した地震による影響(1)

- 日時: 2005年7月23日(土) 16:35
- 震源地: 千葉県北西部
- 地震の規模: M6.0
- 最大震度: [震度5強] 東京都足立区(都内13年ぶり)
- 鉄道への影響(運転再開までに要した時間)
  - 新幹線: 最大25分、 都営地下鉄線: 最大15分
  - 東急電鉄: 最大30分、 東京メトロ: 最大4時間
  - JR在来線: 最大7時間 他

# 鉄道利用者に与えた影響

⇒都内行楽地、駅で多数の滞留者が発生

⇒帰宅困難者が発生

<写真>  
旅客滞留写真

<写真>  
JR舞浜駅前  
振替バスに殺到する旅客

## 最近発生した地震による影響(2)

- 日時: 2006年2月1日(水) 20:48
- 震源地: 千葉県北西部
- 地震の規模: M5.1
- 震度: [震度4] 埼玉県北部, 神奈川県東部
- JR東海道, 横須賀, 京浜東北線などの一部区間が4時間の運行支障(約250本が運休)  
⇒ 東京 - 神奈川県東部の大動脈がストップ  
  
⇒ 平日の帰宅時間帯の混乱  
⇒ 並行する京浜急行線に帰宅者が集中

# 運行可能路線への旅客の集中

## 当時の品川駅 京浜急行線ホーム(下り線)の状況

<写真>

品川駅京浜急行線ホーム  
振替旅客の過剰滞留

2006.02.01

# 通常時の品川駅 京浜急行線ホーム(下り線)の状況



# 異常時の鉄道交通の問題

部分的に途絶した鉄道ネットワーク上では運行可能な代替路線(乗換え駅など)に利用者が集中

運行支障範囲の時間的变化により、旅客の集中する箇所も大きく変化

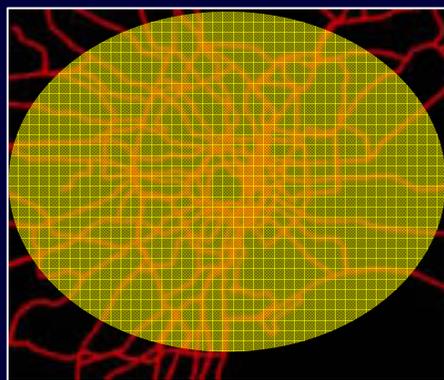
不明確な運行再開時間により旅客が滞留

- ・旅客流動の変化と駅・路線への負荷の予測
- ・旅客集中による鉄道施設内での危険性の認識

## シミュレーションの目的

- ・部分途絶した鉄道ネットワークがもたらす駅への旅客集中と影響範囲の推計
- ・途絶路線の復旧によるネットワーク内の旅客流動変化の推計

## ネットワークの途絶範囲の変化



全路線の運行停止

部分的に途絶した  
鉄道ネットワーク

# シミュレーションの手法

- ・ 運政審(18号答申)※における予測モデルを基本とする
- ・ 最新のデータに更新した災害時モデルによる

※運輸政策審議会答申第18号:

「運輸政策審議会東京圏における高速鉄道に関する基本計画について」

## シミュレーションの仮定条件

- ・鉄道利用者は**鉄道**を利用して帰宅する
- ・帰宅経路が不通の場合は**他路線**で帰宅する
- ・不通区間の駅利用者は**最寄り路線駅**に**徒歩移動**する
- ・利用者は**運賃を気にせず**経路を選択する

仮定

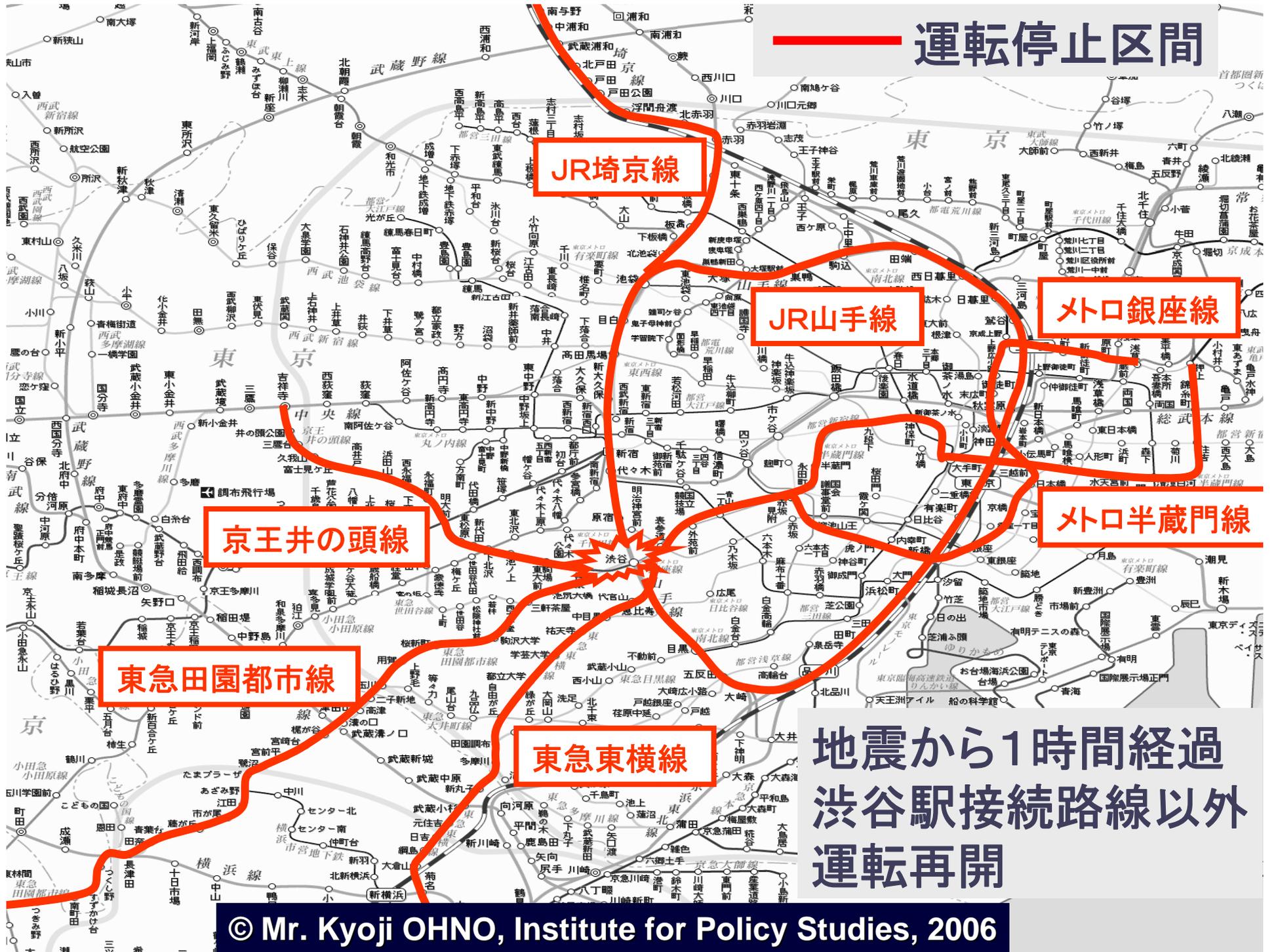
## ターミナル駅 被災 (渋谷駅)

(平日18時 地震発生)

# シミュレーションの仮定

- ①午後6時 地震発生  
首都圏の鉄道網全線ストップ  
帰宅を始めた人が各駅に滞留
  
- ②午後7時 渋谷駅接続路線以外が運行開始  
駅前の滞留者と午後7時台の帰宅  
者が同時に鉄道駅に集中
  
- ③午後8時 山手線の運行再開  
(1路線の運行再開による影響)

# — 運転停止区間



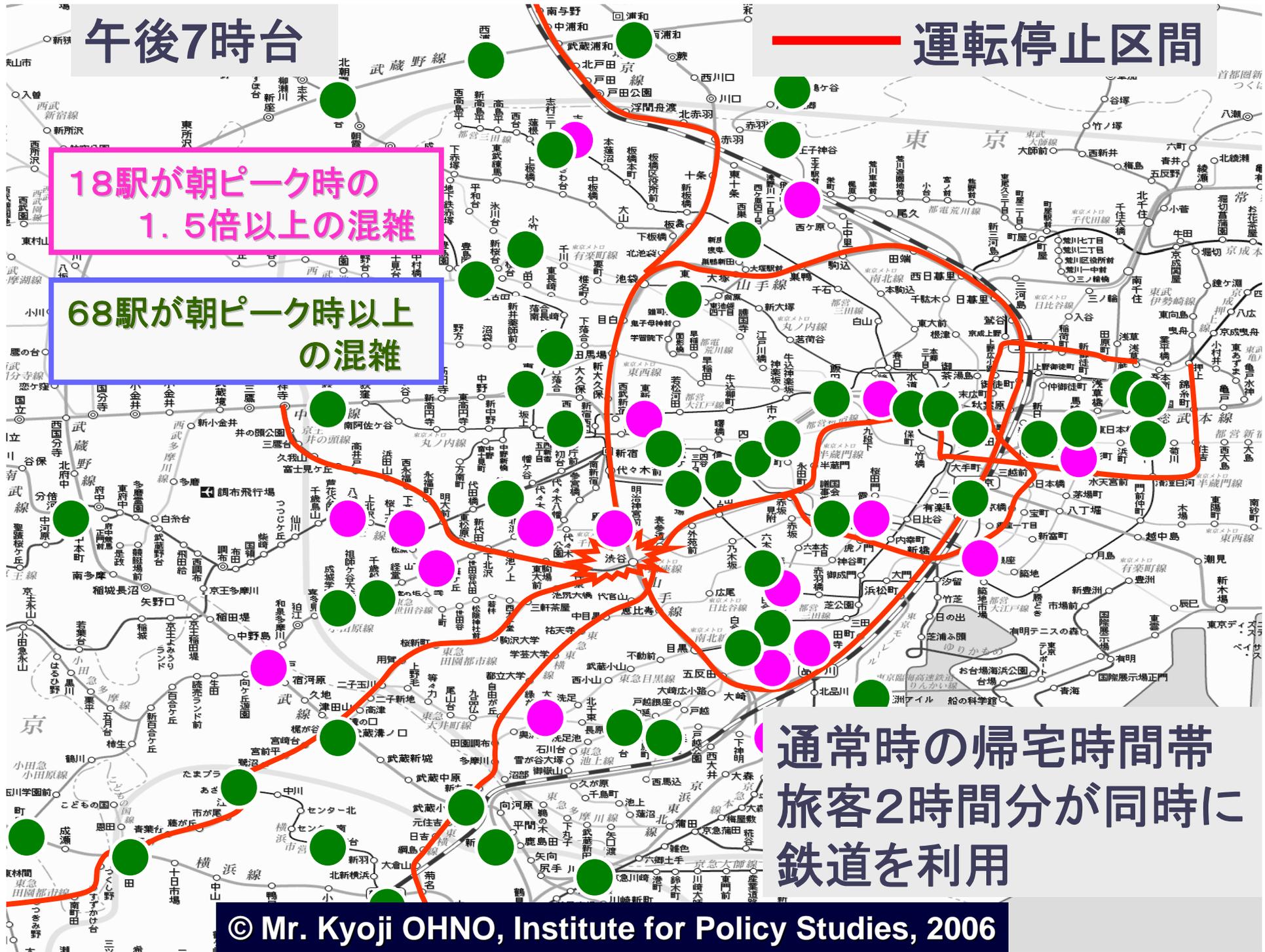
午後7時台

— 運転停止区間

18駅が朝ピーク時の  
1.5倍以上の混雑

68駅が朝ピーク時以上の  
混雑

通常時の帰宅時間帯  
旅客2時間分が同時に  
鉄道を利用

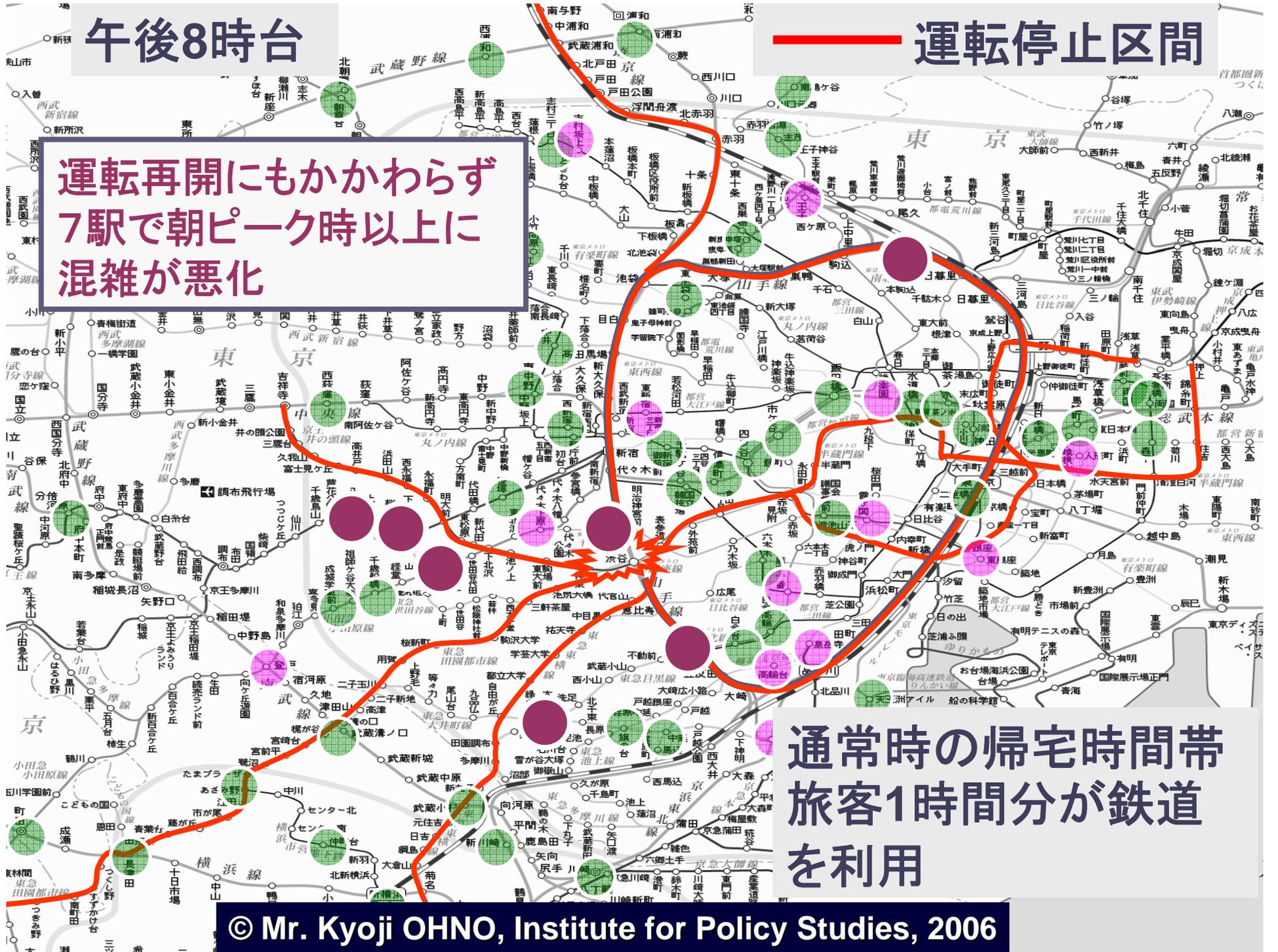


午後8時台

— 運転停止区間

運転再開にもかかわらず  
7駅で朝ピーク時以上に  
混雑が悪化

通常時の帰宅時間帯  
旅客1時間分が鉄道  
を利用



# 旅客が集中する駅の特徴

途絶したネットワークによる運行再開時の特徴

朝ピーク時の利用者数を上回る駅が広範囲

## 混雑する駅の特徴

- ・迂回路線・連絡路線の接続駅
- ・不通路線駅の徒歩圏内の他路線駅
- ・地下鉄環状線の乗換え駅(山手線と同機能)

## 1 路線の運行再開による旅客流動の変化

広範囲に渡り、混雑が緩和される駅と悪化する駅が存在

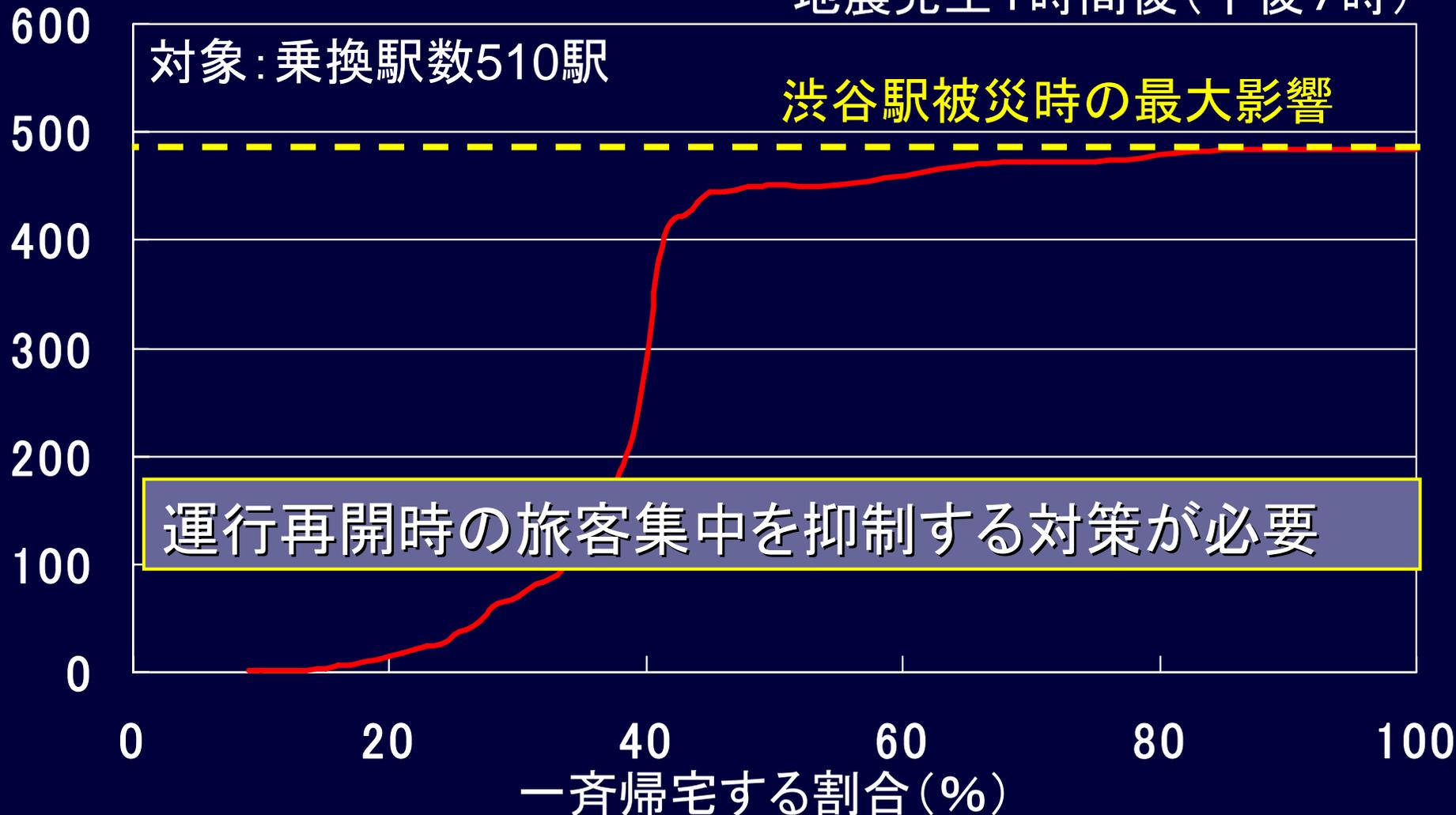
# 帰宅する割合と飽和駅の関係

(飽和駅数)

地震発生1時間後(午後7時)

対象: 乗換駅数510駅

渋谷駅被災時の最大影響



運行再開時の旅客集中を抑制する対策が必要

注1) 帰宅者が一斉にネットワークに流入したと仮定したシミュレーション結果

注2) 飽和駅は朝のピーク時を超過する駅数

© Mr. Kyoji OHNO, Institute for Policy Studies, 2006

# 震災時のネットワークにおける特性

- 危険となる駅が広範囲に多数発生
- 予期せぬ駅への旅客集中
- 路線復旧による他路線への旅客集中
- 一斉帰宅行動による旅客集中

ネットワーク上の局所的な旅客集中



駅内・外の危険性

# 本日の報告内容

1. 研究の背景と目的
2. 想定被害と震災対策
3. 鉄道ネットワークに起こりうる危険性
4. 駅内・外に起こりうる危険性
5. まとめ

# 駅構内・外に起こりうる危険性

- 過剰な旅客集中による群集事故への危険性
  - 明石花火大会歩道橋事故の事例
- 駅構内に起こりうる危険性
  - 駅施設, 原因, 危険性の整理
- 駅構内の旅客集中の事例紹介
  - みなとみらい線開業時の旅客集中
- 駅周辺, 街中の歩道における歩行者の飽和

## 過去の群集事故

- 明石花火大会歩道橋事故

**日時:** 2001年7月21日午後8時半頃

**場所:** 明石市JR朝霧駅付歩道橋上

**概要:** 花火大会会場とJR朝霧駅を直結する歩道橋上で  
人があふれ(平均9~10人/m<sup>2</sup>)  
「群衆なだれ」が発生

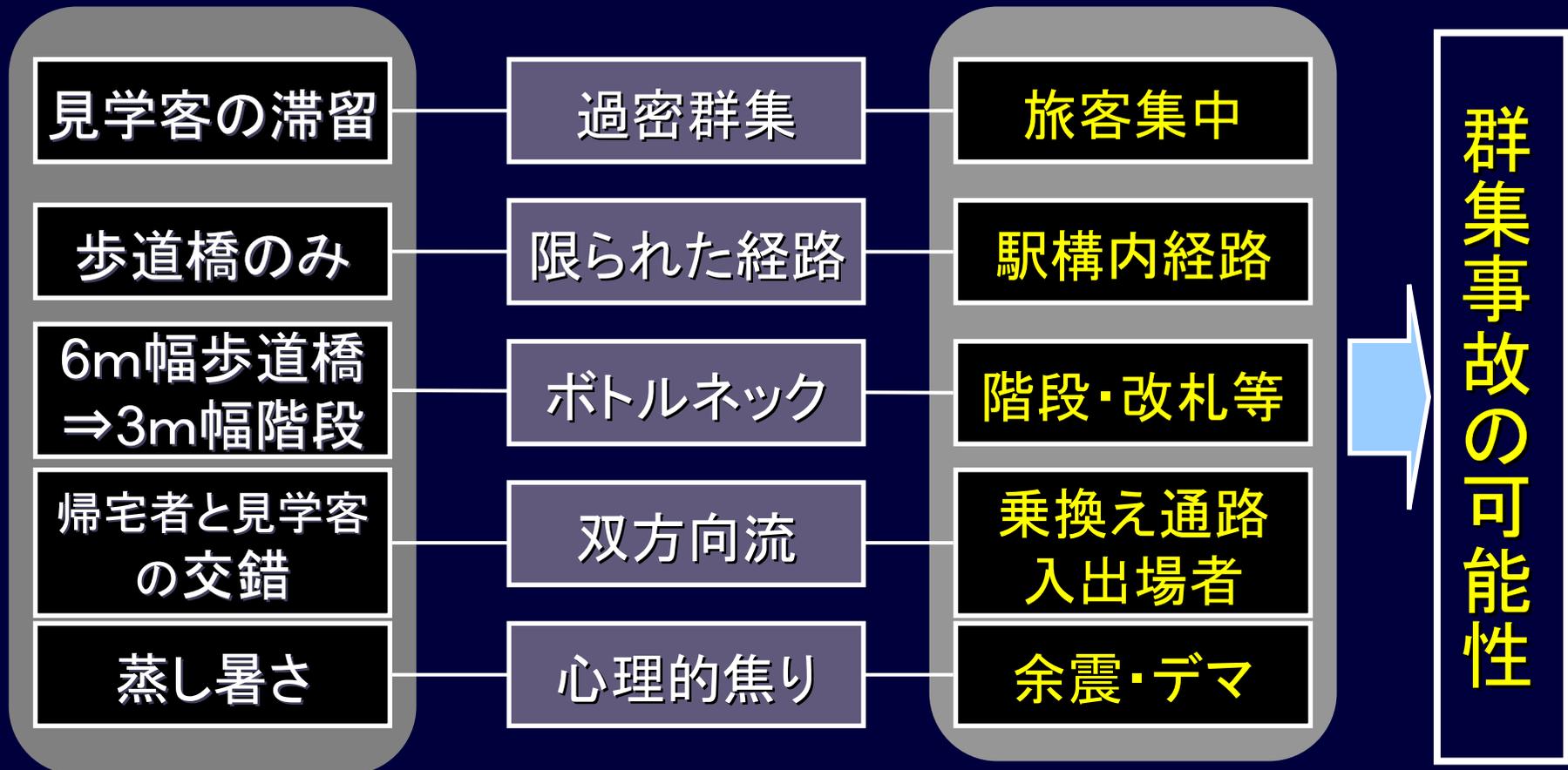
**人的被害:** 死者11人, 負傷者247人

資料: 明石市HP (<http://www.city.akashi.hyogo.jp/>) より抜粋

# 群集事故への危険性

明石市花火大会  
歩道橋事故

災害時の飽和した  
鉄道駅構内



# 災害時に起こりうる危険①

駅施設 : ホーム  
原因 : 旅客の過剰流入による飽和  
危険性 : 線路への転落事故、将棋倒し

<写真>

品川駅京浜急行線ホーム  
振替旅客の過剰滞留  
2006.02.01

## 災害時に起こりうる危険②

駅施設 : 階段  
原因 : 昇降設備の停止による旅客集中  
危険性 : 転倒事故



## 災害時に起こりうる危険③

- 駅施設 : エスカレーター  
原因 : ホーム・コンコースの旅客滞留  
危険性 : エスカレータ出口での転倒事故

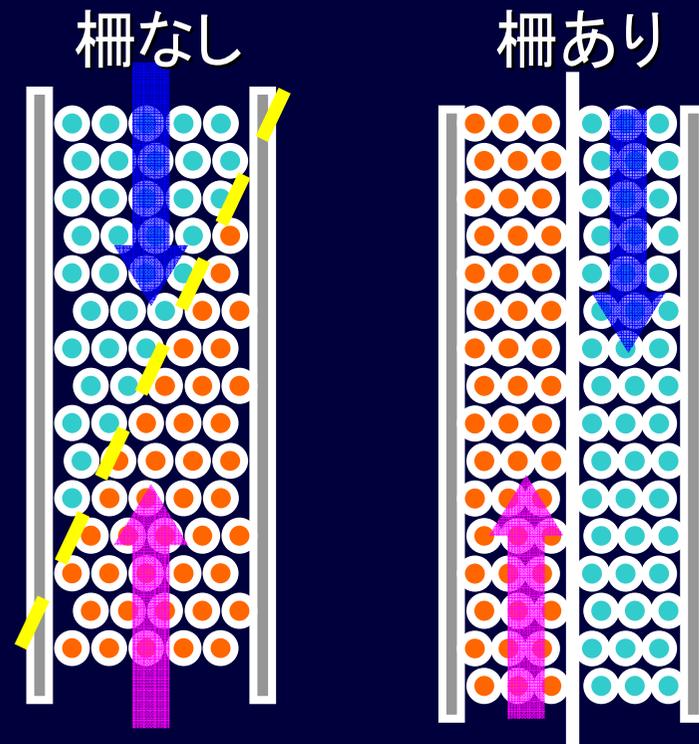


# 災害時に起こりうる危険④

- 駅施設 : コンコース・連絡通路  
原因 : 狭い通路、乗換え旅客の動線の交錯  
危険性 : 過剰滞留、転倒事故



対向流の特性



# 災害時に起こりうる危険⑤

駅施設 : 改札口

原因 : 旅客集中

危険性 : 自動改札機での転倒事故



# 予測以上の旅客集中(事例紹介)

- みなとみらい線

開業日： 2004年2月1日

対象駅： 元町・中華街駅 中華街側改札口

概 要：

- 開業時の予想を超える旅客集中
- 改札内コンコースにおける旅客の過剰滞留

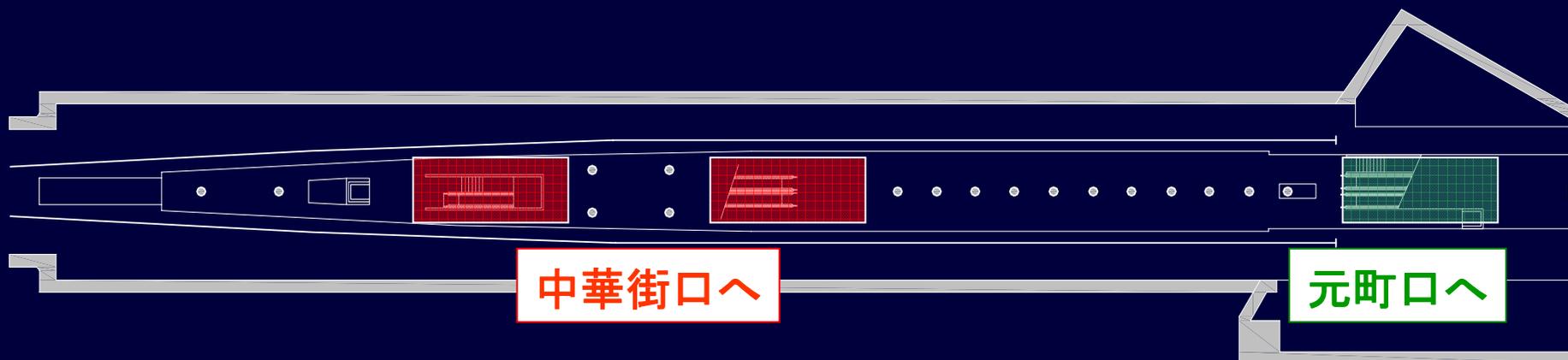
# みなとみらい線沿線地図



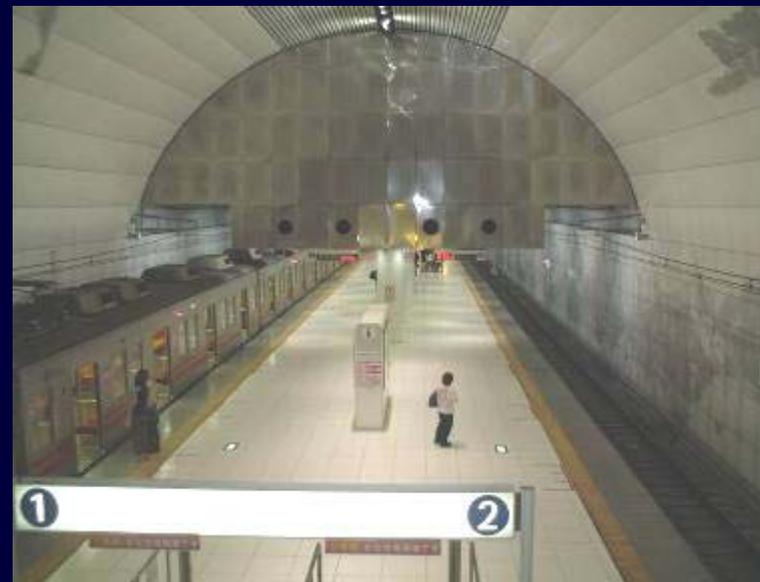
# みなとみらい線開業月の利用客数

<グラフ>

# 元町・中華街駅 ホーム階 平面図

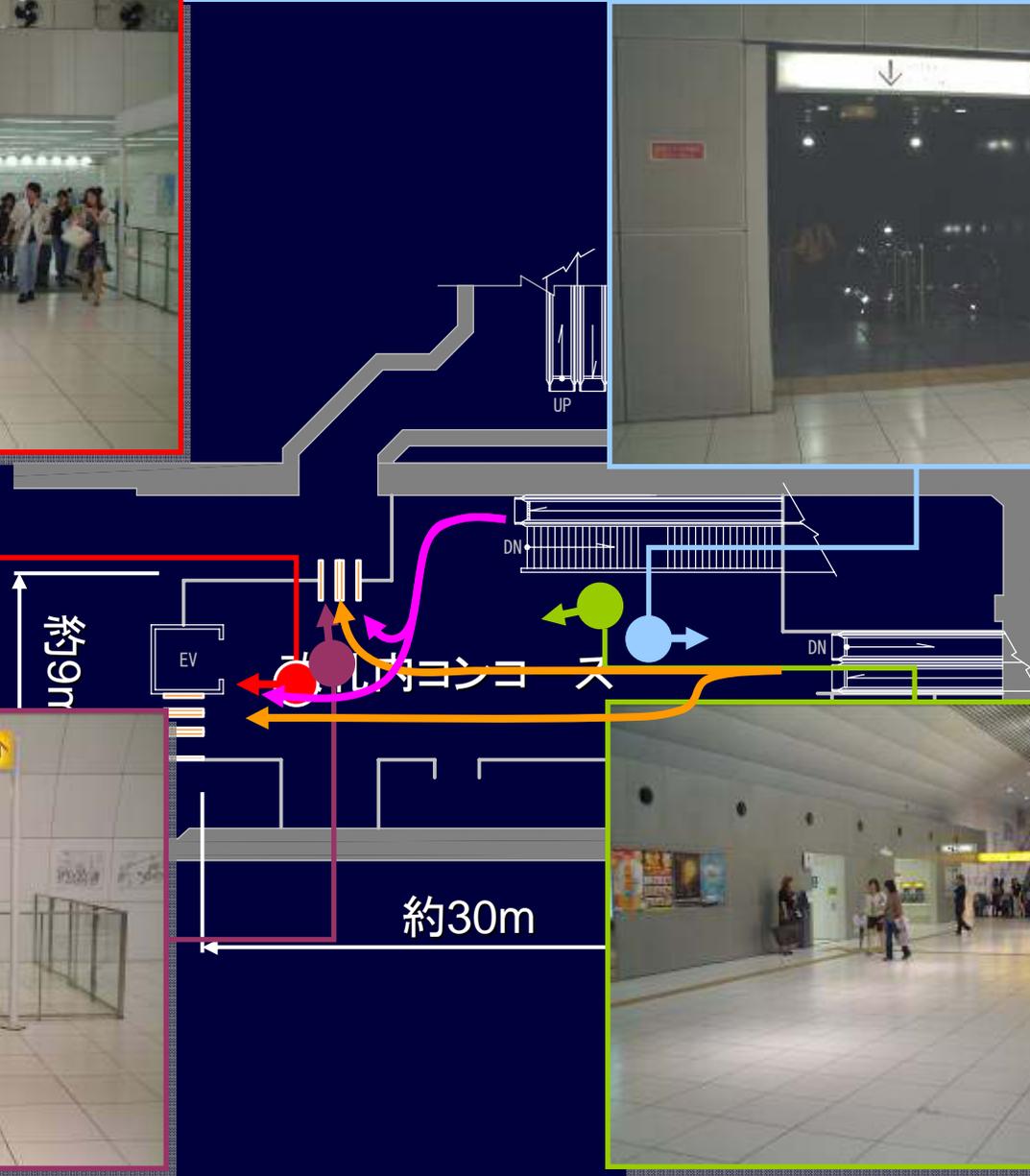


写真：ホーム中央エスカレータ



写真：ホーム階

# 元町・中華街駅 中華街口(改札階)



# 開業時のイメージ図

## 中華街口

- : 出場者
- : 入場者

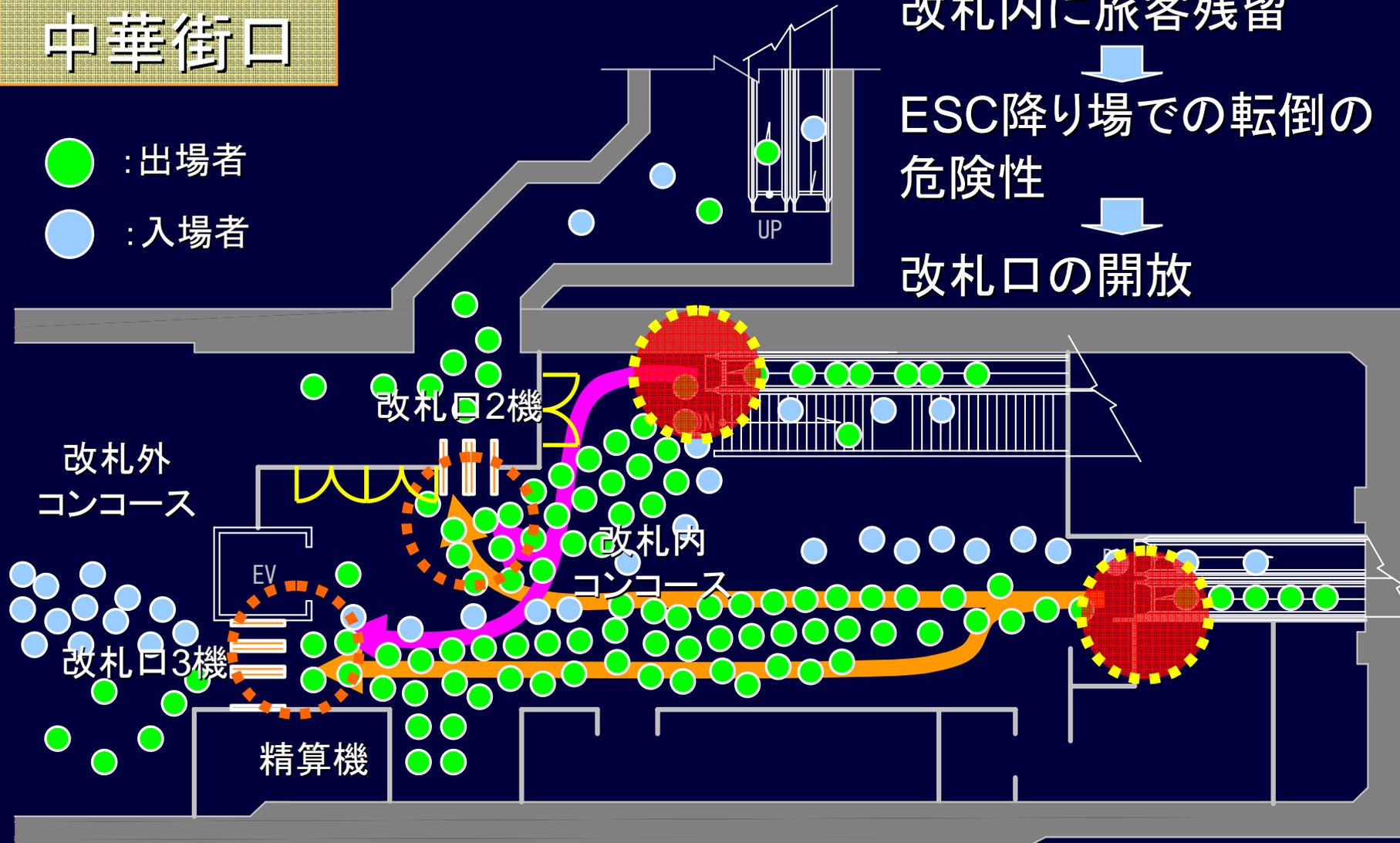
改札内に旅客残留



ESC降り場での転倒の危険性



改札口の開放



# 中華街口 時間帯別入出場状況(推計値)

<グラフ>

# 旅客流動検討の条件

- 施設の処理能力(流率)

自動改札 0.75人/台・秒

エスカレータ 2.00人/台・秒(2人用)

滞留密度の上限 2.5人/m<sup>2</sup>

(上り階段は利用しなかったものとする)

- 降車旅客数(改札開放時)

3,300人/30min, 4分間隔 約480人/本

480 × 1.2(波動) ≒ 580人/本 が同時到着

(乗車客は考慮せず)

# 中華街口 改札階 旅客流動の検討

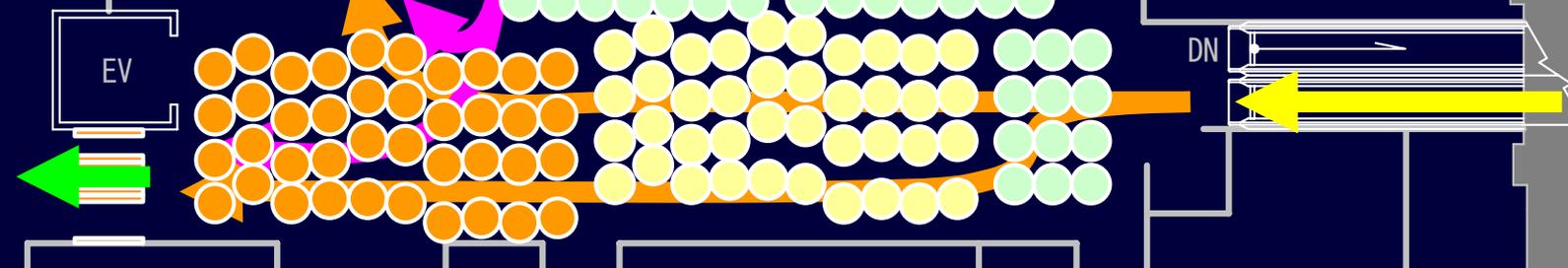
滞留箇所: エスカレータ前  
: 改札前

後続列車到着までに  
滞留が消滅するか確認

$T = 258(\text{秒}) > 240(\text{秒})$   
.....NG  
(40人/本が滞留)

$T = 145(\text{秒}) < 240(\text{秒})$   
.....OK  
(ホーム上滞留はない)

改札5台  
入: 2台, 出: 3台



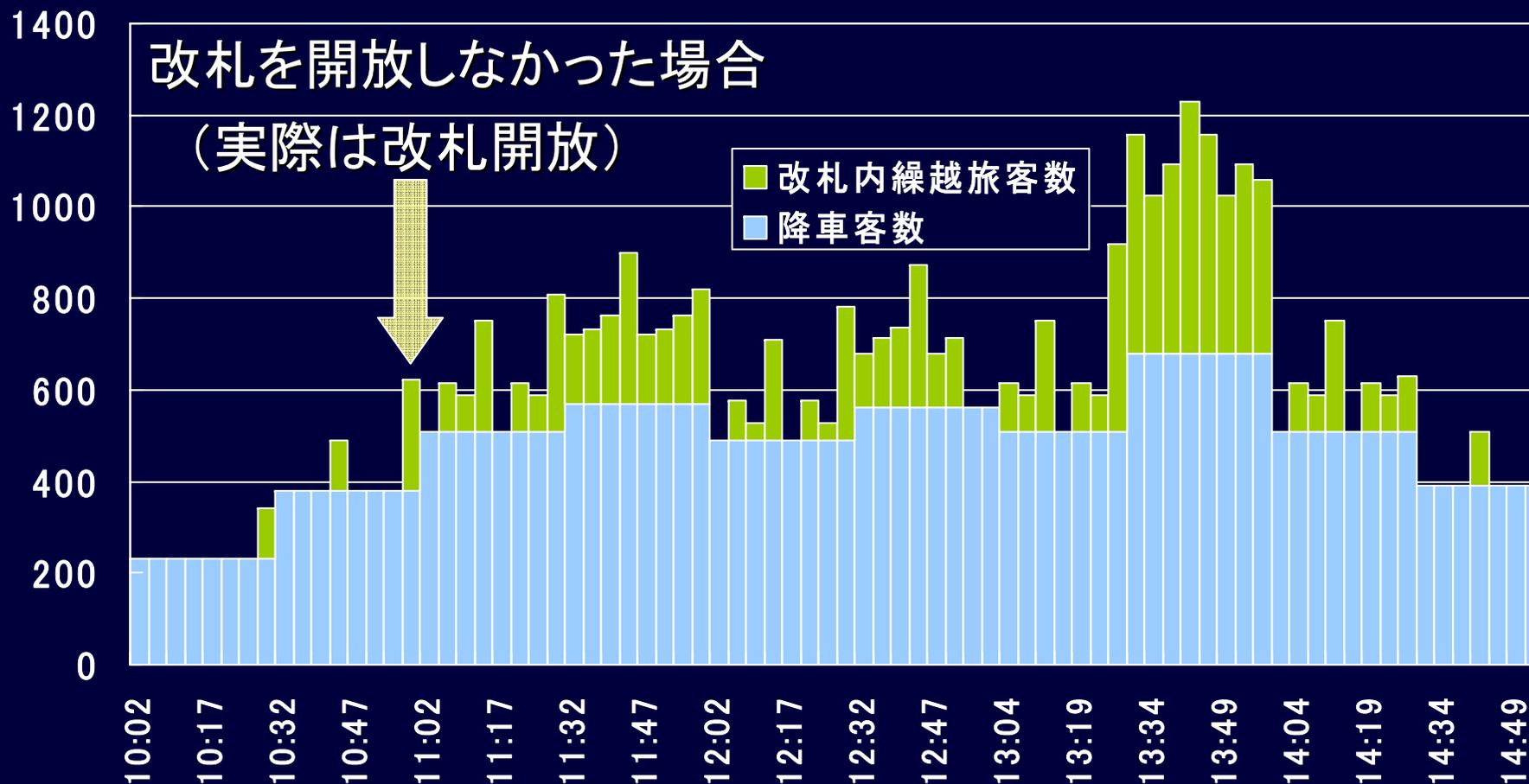
・改札内滞留可能面積 =  $270\text{m}^2$      $\Rightarrow$     16本の列車到着で飽和  
・群集密度上限値     $= 2.5\text{人}/\text{m}^2$     (但し, 出場者のみ)

→ 前後左右を詰めて並んでいる状態



# 運行ダイヤを考慮した旅客残留の検証

(人/本) 時間帯: 10:00~15:00の出場者(降車客)



## 駅構内の危険性

- 施設能力の差から旅客が滞留する場所が存在
- 予測を超える旅客集中は駅構内の危険性につながる
- 震災時においても、想定外の旅客が集中した場合は駅構内の危険性につながる
- 事前の想定・検討，要員体制の確保が不可欠

# 駅周辺での問題

単位:千人

駅名	駅滞留者	帰宅困難者
渋谷	183	104
上野	89	44
新宿	167	91
池袋	166	85
東京	198	142
品川	127	89
町田	126	28
八王子	85	17
計	114	600

**首都直下地震 帰宅困難者想定**

**主要8駅に60万人**

都防災会議

東京都防災会議地震部会として対策を検討する。(部長＝溝上恵・東大名 普教授)は28日、首都直下地震の被害想定を最終報告し、主要ターミナル駅別の帰宅困難者数を初めて公表した。駅で足止めされる人は東京駅で14万人、渋谷駅で10万人、新宿・品川駅9万人など主要8駅で計60万人に上る。駅構内の混雑は朝夕のラッシュ時を上回り、都はパニックによる死者は計302万人に上る。

たのは徒歩で帰宅可能な人を除く60万人。大部分は多摩地区や埼玉県、神奈川県などからの通勤・通学者で、足止めされた駅から自宅まで20分以上離れている人は45万人以上。電車の復旧まで時間がかかれば、本

資料:読売新聞(2006/03/29)朝刊

資料:東京都防災会議(2006)

「首都直下地震による東京の被害想定」より

- ・滞留による混乱の発生
- ・行政と事業者との管理区分の明確化が不足

# 歩道上の滞留



$$\frac{20,000(\text{人})}{700(\text{m}) \times 5(\text{m})} = 5.7 (\text{人}/\text{m}^2) \doteq 200\% (\text{車内混雑率})$$

(歩行不能)

# 本日の報告内容

1. 研究の背景と目的
2. 想定被害と震災対策
3. 鉄道ネットワークに起こりうる危険性
4. 駅内・外に起こりうる危険性
5. まとめ

## 本日のまとめ

- 首都大震災時は膨大な滞留者が発生
- ネットワーク上の局所的な旅客集中の認識
- 運行再開時の危険性を認識
- 駅構内の過剰集中時の危険性の認識
- 駅周辺の滞留の危険性

# 震災に向けた鉄道交通の課題

## ・鉄道事業者での対応

過剰な旅客集中時のマニュアル(駅内・外)の整備

駅構内の危険箇所の見直し

事業継続計画(BCP)策定による早期運転再開  
災害時の問題や危険性の検討と対応の立案  
重要業務継続に向けた目標時間の設定

## ・鉄道事業者間の連携

事業者間でネットワーク内の旅客の流れに関する情報の共有化

ネットワーク全体を見て局所的に発生する旅客集中を考慮した運転再開方法

# 震災に向けた鉄道交通の課題

## ・他機関と事業者の連携

駅前広場に集中する帰宅困難者に対する管理区分  
明確化

駅に過剰集中する人々に対応したマニュアルやス  
キームの整備

代替交通機関との連携・検討

災害時情報の提供方法の検討

常時の啓蒙活動

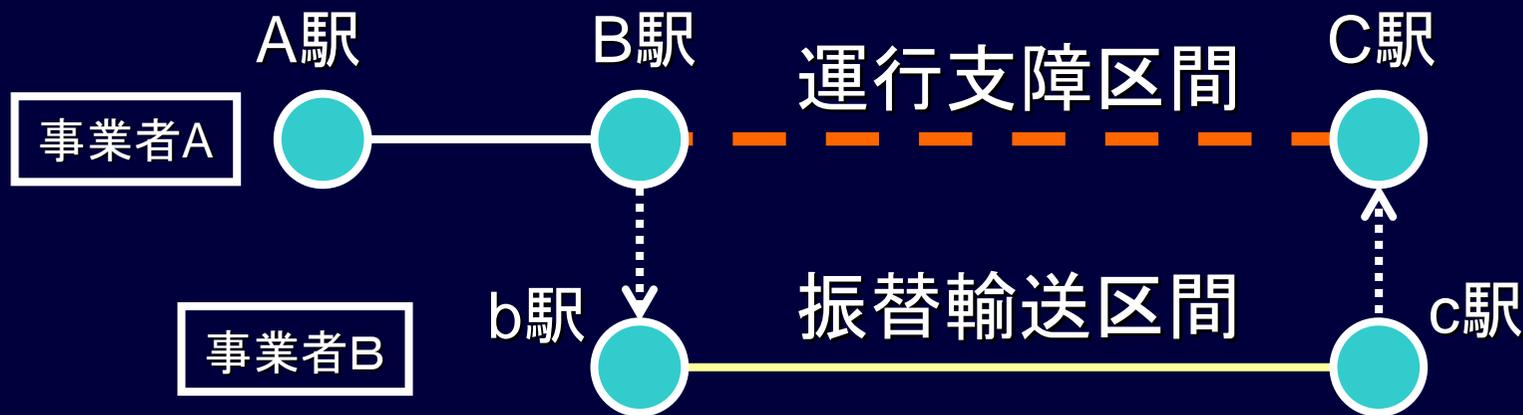
より詳細な「研究」・「議論の場」作り

## 今後の研究課題

- 鉄道事業者と他機関の取組みの調査
- 多岐に渡るシミュレーションの実施
- 駅構内の動的な旅客流動検討
- 支援ソフト開発への取り組み
  
- その他
  - 運行支障時の経路選択の特徴を把握  
(振替票データの活用)

## 振替票データの活用

- 運行支障時は他路線への振替輸送を実施
- 支障区間の事業者は振替乗車券を発行



- 災害時の経路選択の基礎データとして活用
  - 振替票データ: 発行駅, 回収駅, 枚数



# 振替票データの活用

(例) 渋谷～横浜を經由する旅客数(人/日)



資料: 大都市交通センサス(H12)より集計

振替票データのご提供お願いいたします。

以上で本日の発表を終わります  
ご清聴ありがとうございました