

# 鉄道システムにおける安全性向上への取り組み ～ 運転支援システムと事故対応に関する考察～

2005年9月30日

5班 松田誠一 今村翔 横尾博和  
アドバイザー教員 古川宏

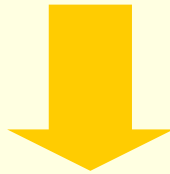
# 発表の流れ

---

- 背景
  - 鉄道システムの安全性対策とは？
- 運転支援システム
  - ATC/ATOシステムの運用(取材)
- 鉄道事故とその対応
  - 鉄道事故報告書による分析
- まとめ

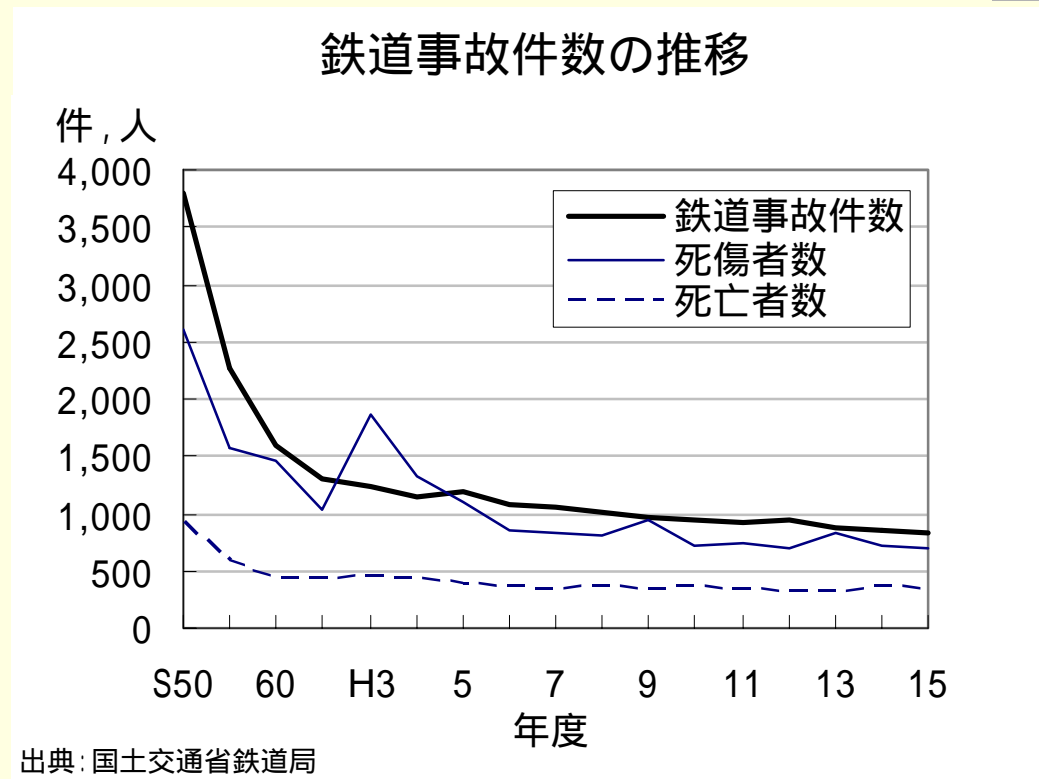
# 背景(1/2)

- 福知山線列車脱線事故
    - 死亡者:107名、負傷者:549名
    - 原因
      - 旧型ATSのみの設置
      - スピード超過
- < 現在も航空・鉄道事故調査委員会により調査中 >



鉄道事業者の安全性向上への取り組みはどのようなものか。

# 背景(2/2)



- 重大事故の発生 死傷者数の大幅な増加
  - 重大事故原因の多くは運転士によるミス
- 「**運転支援システム**」の開発・導入

# 本研究の目的

---

## ■ 目的

- 鉄道システムにおける安全性向上への取り組みに関して考察する

## ■ 2つの観点からアプローチする

### 1. 運転支援システム

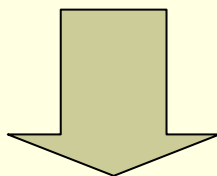
- ATS・ATC、ATOについて
- 運転支援システムATC/ATOの運用

### 2. 鉄道事故とその対応策

- 現在の鉄道事故の発生状況について

# 運転支援システムについて

- 人間は、必ずミスをする  
機械によってバックアップ



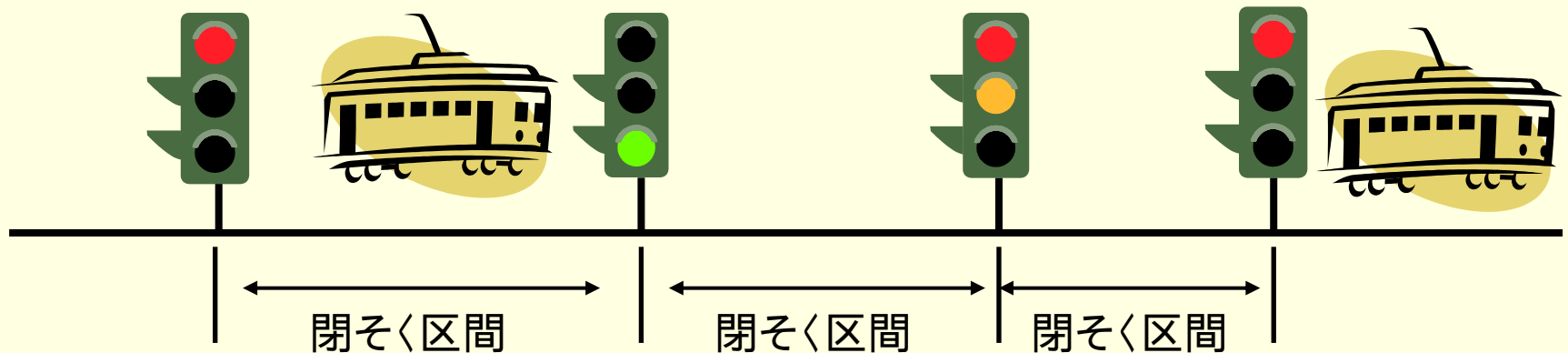
## 運転支援システム

- 自動列車停止装置(ATS:Automatic Train Stop)  
自動的にブレーキを作動
- 自動列車制御装置(ATC:Automatic Train Control)  
自動的に速度を制御

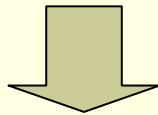
# 閉そく区間について

## 閉そく

線路をいくつかの区間に区切り、入り口に信号を設置し、1つの区間に1本の列車しか入れないようにする。



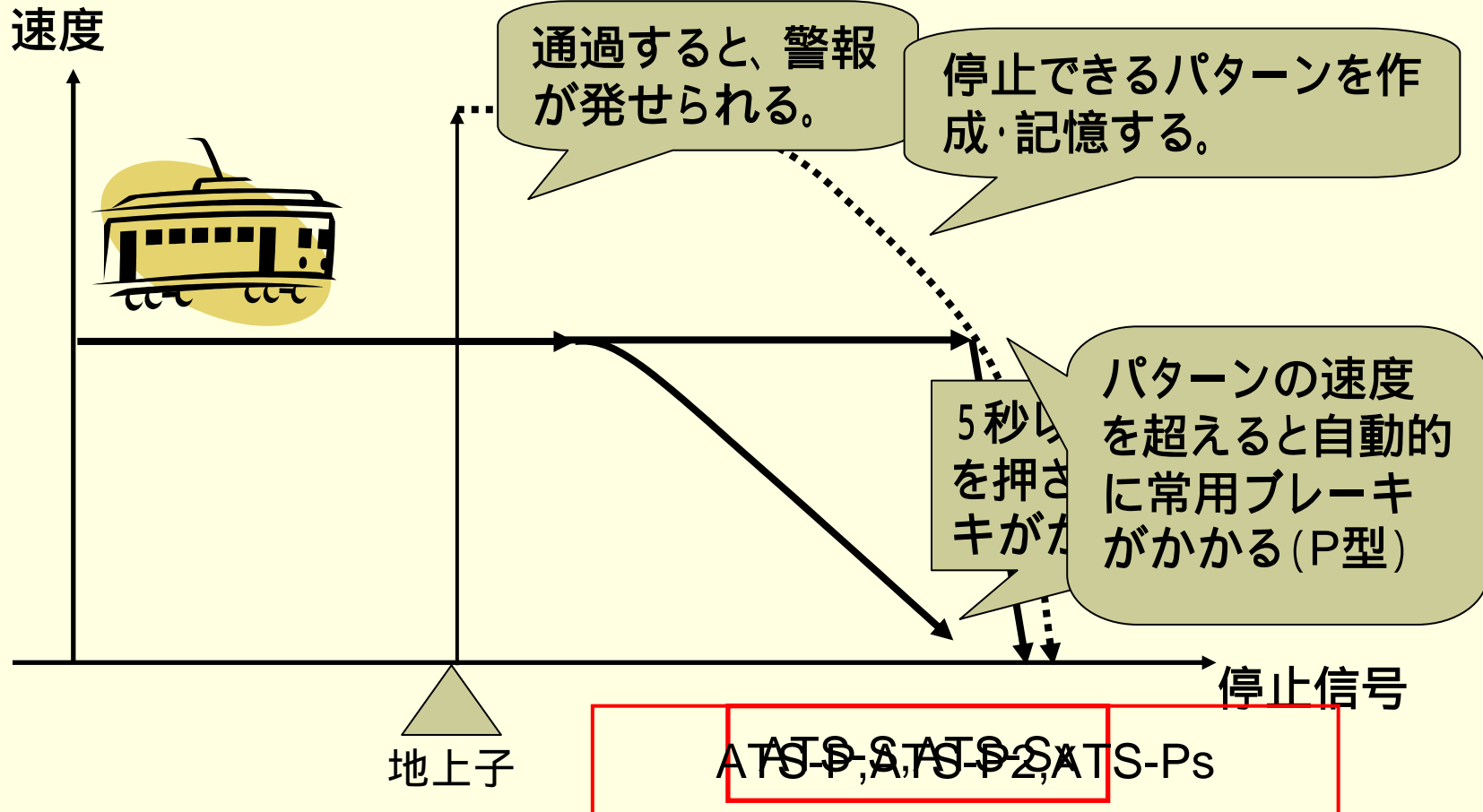
運転士が信号を見間違えて、進入してしまい、大惨事が起きた。(三河島事故)



運転支援システムを導入

# ATSとは

閉そく区間の手前に地上子を設置





# 福知山線におけるATS

ATS-S型(ATS-Sx) (福知山線事故時)	ATS-Sに絶対信号機直下での非常停止機能を追加。
ATS-P型(ATS-P2) (福知山線事故後)	コストを低減するためにATS-Pの安全性に関わらない機能を省略。

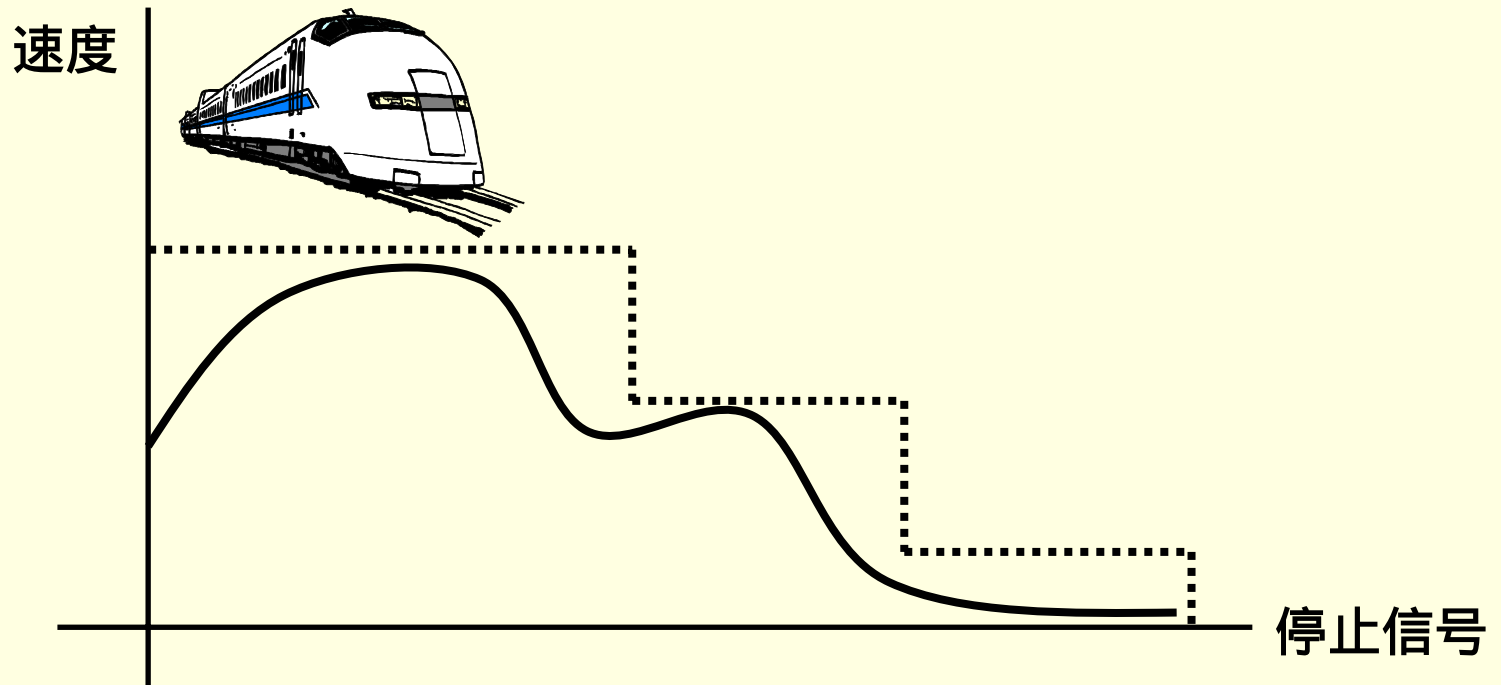
なぜ、ATS-S型では、速度超過をとめられなかったのか？

ATS-S型は、地上子を通過するまで運転士任せであるため、非常に速いスピードだと、減速しきれない恐れがある。

ATS-P型では、地上子から電気信号を受信、停車できる速度パターンを作成し、常用最大ブレーキによりブレーキ制御を行う。

# ATCとは(新幹線)

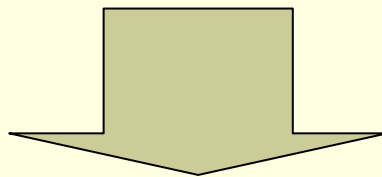
運転士が車内に表示される速度信号より速い速度で運転した場合、自動的に減速させる。



性能はATSより良いが、コストが莫大にかかるという問題がある。

# 安全対策とコストの問題

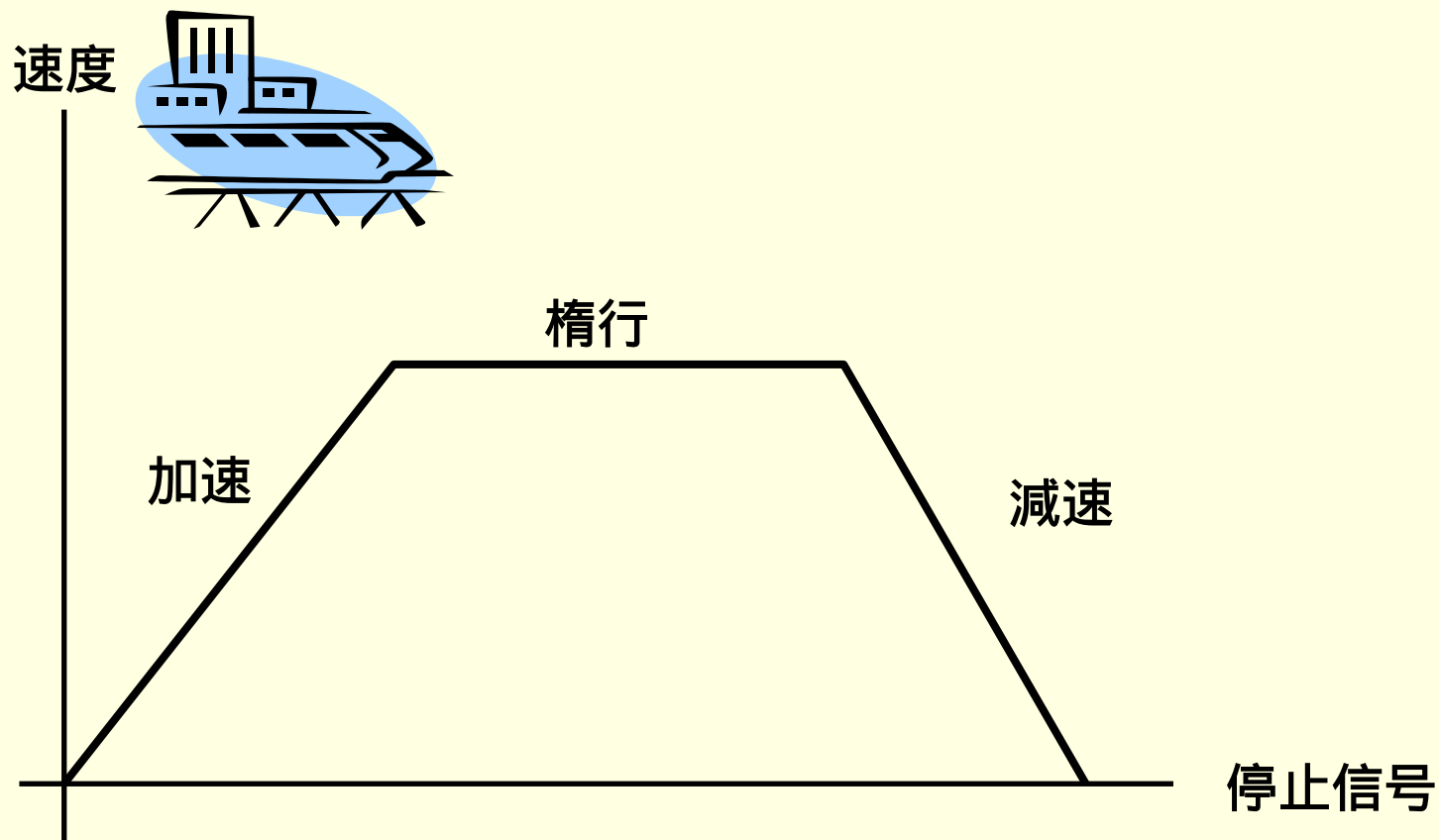
- これまでのATSやATCなどは、既存の鉄道システムにバックアップを設ける形の支援システムであり、コストが大きな障壁となっている。



- そこで、人件費を削減していく目的で自動列車運転装置 (ATO : Auto Train Operation) による自動運転システムが新たに導入されてきている。

# ATOとは

最適な運行パターンを発生させ、運転を自動的に行う。



# ATC/ATOの運用

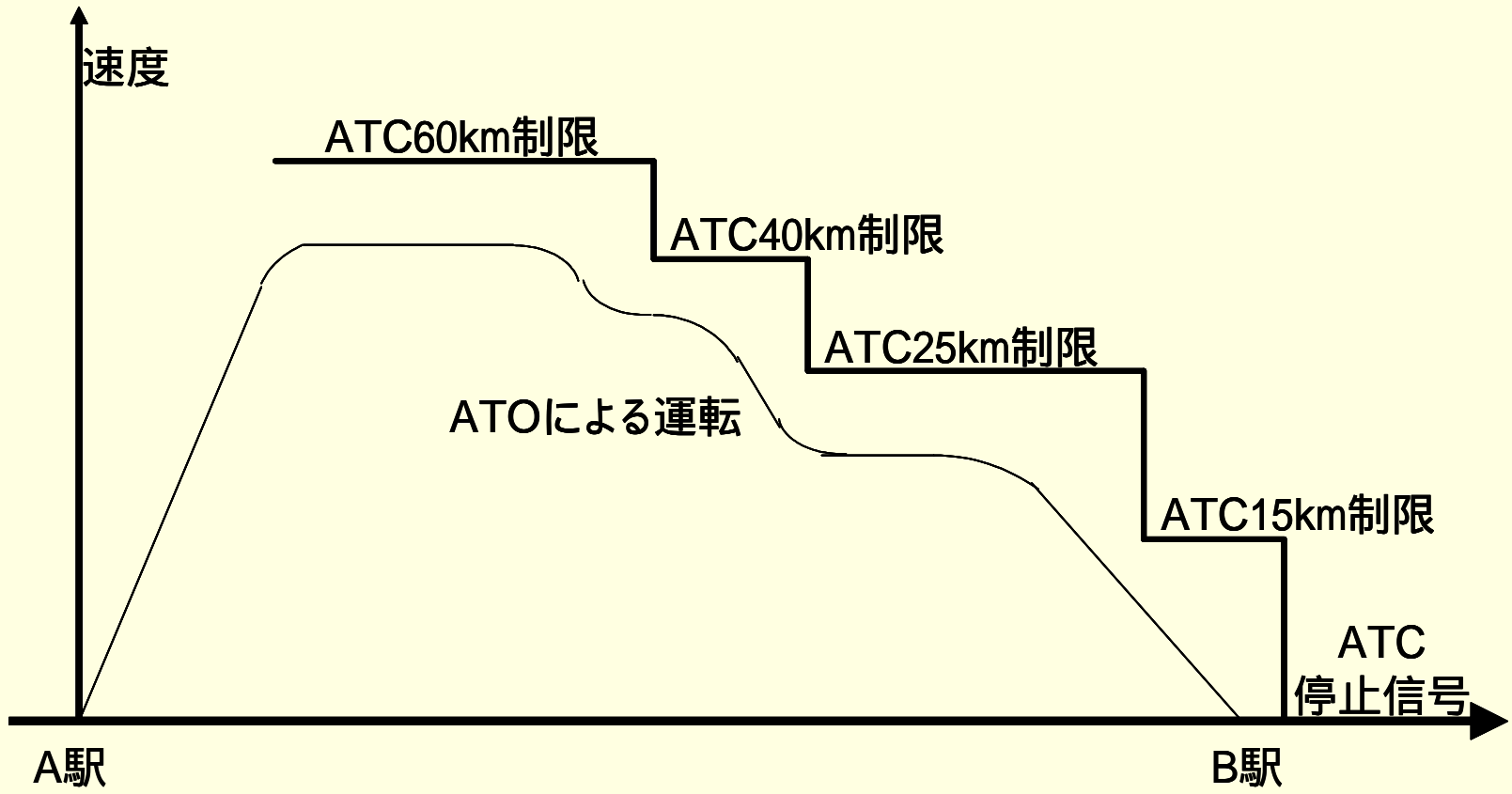
## ■ ATC/ATOシステム

- ATCとATOを組み合わせて用いることで、運転支援システムの高い信頼性を確保する
- 導入例
  - 地下鉄
  - 新交通システム

## ■ 導入の目的

- コスト(人件費)削減
    - ワンマン化(地下鉄)
    - 無人化(新交通システム)
  - 停止精度の向上
- 柔軟なダイヤ編成

# ATC/ATOシステムの運転曲線



# ATOの安全性は？

---

●人の代わりにシステムに運転をゆだねることで信頼性は確保できるのだろうか。

リスク評価が必要なのではないだろうか？

< 実際にどのように運用されているのか取材を実施 >

- ゆりかもめ株式会社(新交通システム)
- 福岡市交通局(地下鉄)
- 東京都交通局(地下鉄)
- 東京地下鉄(地下鉄)
- 京都市交通局(地下鉄)
- つくばエクスプレス

# 導入時のリスク評価について

- 質問「ATC/ATOを導入時にどのようなリスク評価を行いましたか。」
  - 「行っていない。」
    - 先例を参考にして(ゆりかもめ)
    - 開業当初はツーマンにて運転(福岡市地下鉄)
    - 既に確立したシステムであり、ATC/ATO自体に問題はない(つくばエクスプレス)



# 安全性向上のためのシステム設計

- 冗長系の採用
  - 特に重要なブレーキ制御には3重系を採用したり、通常または非常ブレーキのいずれかが動作する回路構成にする
- フェイルセーフの概念
  - 異常が発生しても安全な状態を維持するようなシステム設計をおこなうこと、鉄道においては異常時に非常ブレーキによる緊急停止
- 膨大な回数の試運転の実施
  - TXでは昨年11月から開業前(今年8月)まで
- 異常事象に対するパターンごとの対応マニュアルの作成

# ATC/ATOに関連したトラブルとその対応

- ニュートラム (新交通システム)
  - 1993年、終端駅で停止できずに車止めに衝突、215人が負傷
    - 事故原因: ATC, ATOともにブレーキ指令を出さず
    - 対応策: ブレーキ指令回路の2重系、
- ゆりかもめ
  - ニュートラム事故を受け、車上装置に対してブレーキ制御の強化、地上装置に対して過走防護装置の設置
  - 開業 (1994年) 当初にオーバーランが発生
    - 事故原因: 先頭車両に乗客が集中したことにより応荷重装置が適切なブレーキ指令を出せなかったことによる
    - 対応策: ブレーキの制御パターンの修正

鉄道システムは経験工学の上に成り立つ

# ATC/ATOに関する考察

- 1994年のゆりかもめでオーバーランが発生しているにもかかわらず、その11年後につくばエクスプレスでオーバーランが再発している
- 運転支援システムの性能向上、過去の事例からの教訓を生かして対策を施すことを考慮すれば、オーバーランが発生したことはおかしい
- 考えられる理由としては、
  - 最高速度130km/hという高速度域での運行  
(地下鉄60~80km/h、新交通システム40km/h)
  - 車両毎の性能特性の違い(一概に同じシステムを利用し、同じ対策を施していれば、事故を防げるというわけではない)
- ATC/ATOに関する諸問題
  - 運転技術レベルの低下(ワンマン化)
  - 非常時における対応(無人化)
  - コスト問題(開業当初から予算計画を立てるほうが望ましい)

# 鉄道事故と事故対応策

- 目的
  - 事故報告書から鉄道事故の原因と運転支援システムについて考察する
- 鉄道事故報告書
  - 国交省管轄の地方運輸局に、域内の鉄道事業者が提出
  - 報告書の内容
    - 鉄道事故の種類
    - 日時・被害状況
    - 事故発生状況
    - 再発防止対策
  - 関東運輸局に対する情報公開請求により入手
- 鉄道事故原因調査報告書
  - 原因が不明な鉄道事故や今後の鉄道運営に影響を与える重大インシデントに対して、航空・鉄道事故調査委員会が調査
  - 航空・鉄道事故調査委員会のHPより入手
- 仮定：在来線においても、運転士のミスによる事故は減少しているのだろうか

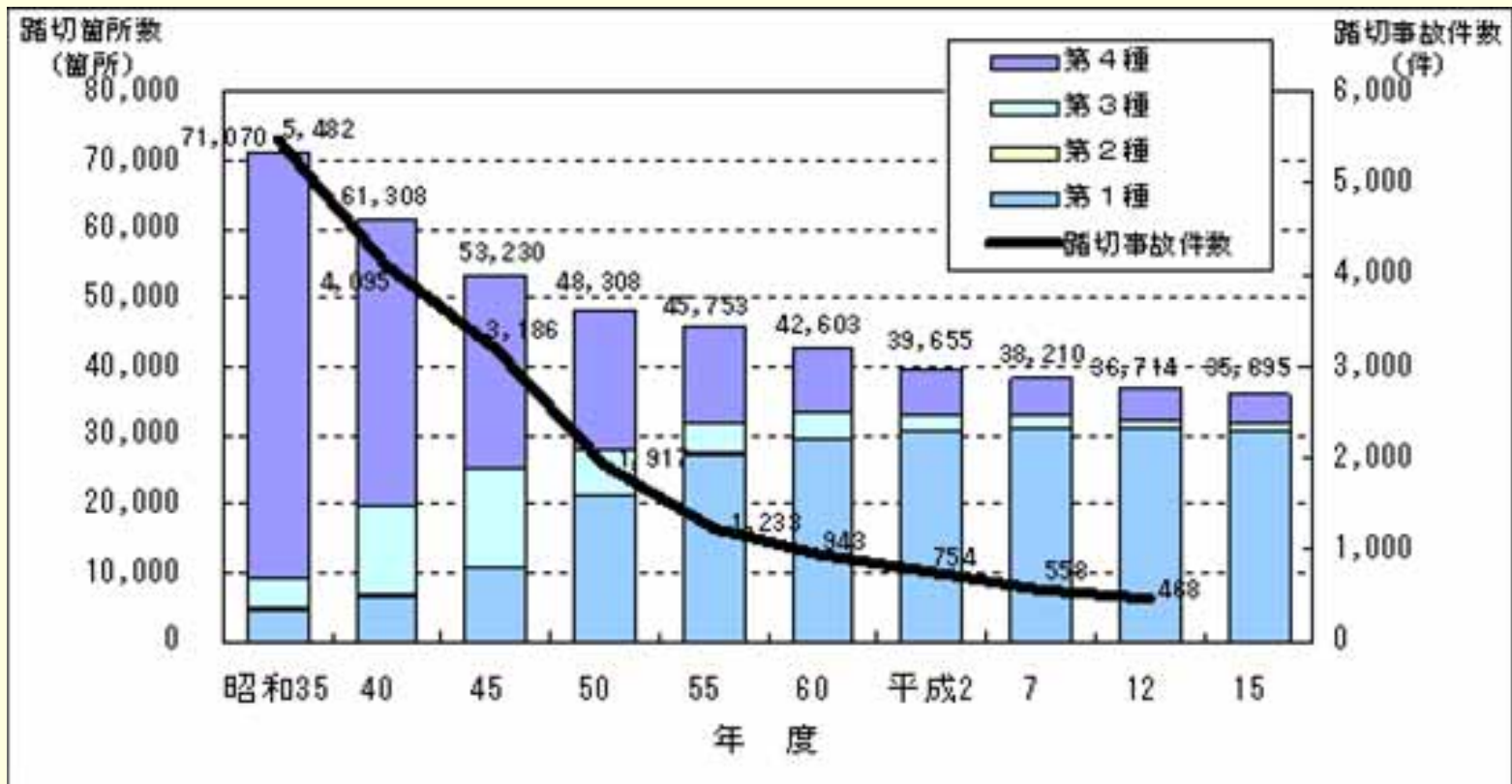
## 2. 鉄道事故と事故対応策

- 現状では、どのような事故が多く発生しているのだろうか。
- 目的
  - 事故報告書から鉄道事故の原因を分析する
- 鉄道事故報告書
  - 平成15年度 関東圏内の19件の鉄道事故
  - 通常運行時と保守点検時の状況に分類して、事故原因について考察する
- 事故原因調査報告書
  - 2001年～2005年までに事故調が調査した原因が不明な鉄道事故及び重大インシデント

# 事故発生時の運行状況による分類

	通常運行時	保守点検時
人的要因		保守係員の錯誤(3件)、運転技術不足(1件)
機械的要因	踏切障害物検知装置異常(1件)、ベビーカの戸挟み(1件)、車両設備不良(6件)	
外的要因	車両の踏切内への進入(7件)	

# 踏切箇所および踏切事故件数の推移



# 鉄道事故分析に関する考察

- 関東において平成15年度には通常運転時の人的要因による事故はなく、事故の大部分は、保守点検時および踏切における事故である。
- 保守点検時の人的ミスは重大インシデントにおいても多く見られるため、何らかの対策が望まれる。  
→ 保守点検時を含めたトータルでの運行管理など
- 踏切に対しては立体交差化の推進はもちろん、自動車側からのアプローチも必要と考えられる。



# 全体を通してのまとめ

---

- 鉄道システムにおける安全性向上への取り組みに関して以下のことが分かった。
  1. 現在の鉄道システムにおいては、経験工学による改善が安全性向上の基盤となっている。
  2. 保守点検時までも含めた管理システムや、踏切事故に対しては自動車側からのアプローチを積極的に行っていくなどの措置が必要であると考えられる。