

講演 8. 鉄道と自動車技術を融合した 新しいモビリティと認証

鉄道認証室 ※森 崇

交通システム研究部 山口 大助 望月 駿登

経歴

- 1992年 西日本旅客鉄道株式会社入社 岡山信号通信区配属
- 1993年 株式会社京三製作所出向
- 1994年 西日本旅客鉄道株式会社 大阪信号工事所・京都信号工事所で工事担当
- 1997年 西日本旅客鉄道株式会社 技術開発推進部(現イノベーション本部)
- 2021年1月まで配属
- 無線式列車制御、IP network, ソフトウェア定義無線など担当
- 2019年 独立行政法人自動車技術総合機構 交通安全環境研究所
鉄道認証室 客員専門調査員委嘱
- 2021年 独立行政法人自動車技術総合機構 交通安全環境研究所 鉄道認証室
任期付職員(主席研究員)

鉄道関係の国際規格のうち、製品認証業務を行っている。

登場人物



カバ興業 社長
座右の銘：技術と直感



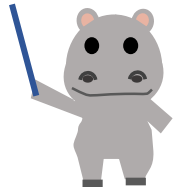
カバ興業 営業 カバお
「怒られてナンボの毎日」



カバ鉄道 電気課長
口癖：安くてエエもん持つて来い！



カバ興業 技術 オタかば
「面白くなければ技術じゃない」



謎のフリーコンサル
なぞカバ
「知識は力！管理は必然」



カバ興業 プログラマ
ハッキングカバ
「俺しかできないことをやる」



カバ興業設計課長 カバ実
「みんなできるようになりましょう」

エライさんの指示



カバ鉄道社長

電気課長！レールがあってデカイ鉄道車両が本当に必要なのか、鉄道の安全性と自動車の利便性を両立するような検討を進めてくれないか？

はい！社長！かしこまりました！



カバ鉄道電気課長

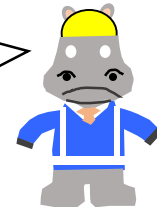
えらいこっちゃ！おいカバ興業！鉄道の安全性と自動車の利便性を両立するような検討してくれ！



カバ興業 営業
カバお

いや、うちは信号保安装置メーカーなので自動車は。。。

電気課長。丸投げはいかんぞ！

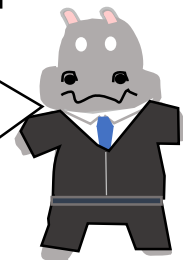


なんかないんか??



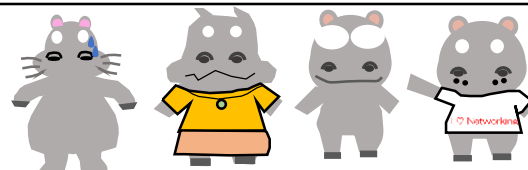
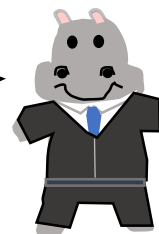
大変です社長！カバ鉄道さんが、なんか自動車みたいな鉄道できんか、その保安装置なんとか提案しろといってきました。情報はそれだけです。

えらいこっちゃ！そんな少ない情報で、かつ大がかりなモン、弱小鉄道信号メーカーのカバ興業にできるんか？どんな技術分野があるかどうかもまったく整理できてないで。どうせ今日明日にでも持ってこいっていう話やろ。どうせそんなモンやるかどうかもわからんのに、そやからゆうて、出さへんかったら次の受注ないかもしれんな。。



鉄道の安全思想と、自動車の柔軟性を併せ持つことを希望しているのではないんでしょうか？どんな技術分野があって、何が出来るかを考えてみれば良いのでは??

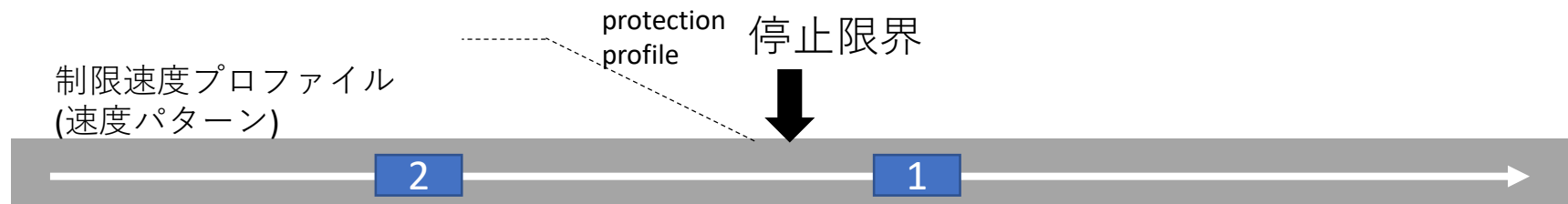
そやそれが言いたかったんや！おまえよーわかっとるやないか！そうと決まったらさっさとおまえら提案書作れや！



アレは絶対嘘をついているよね。。

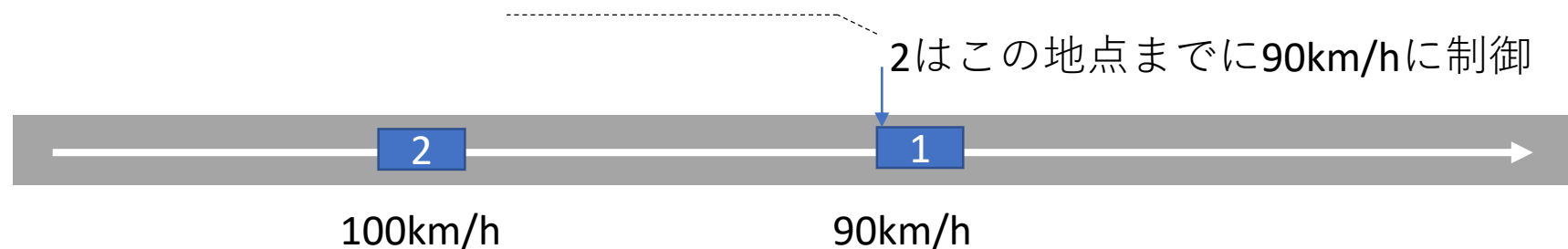
安全に対する考え方の違い

鉄道は先行車両の現在位置までに停止できるように制御を行う。

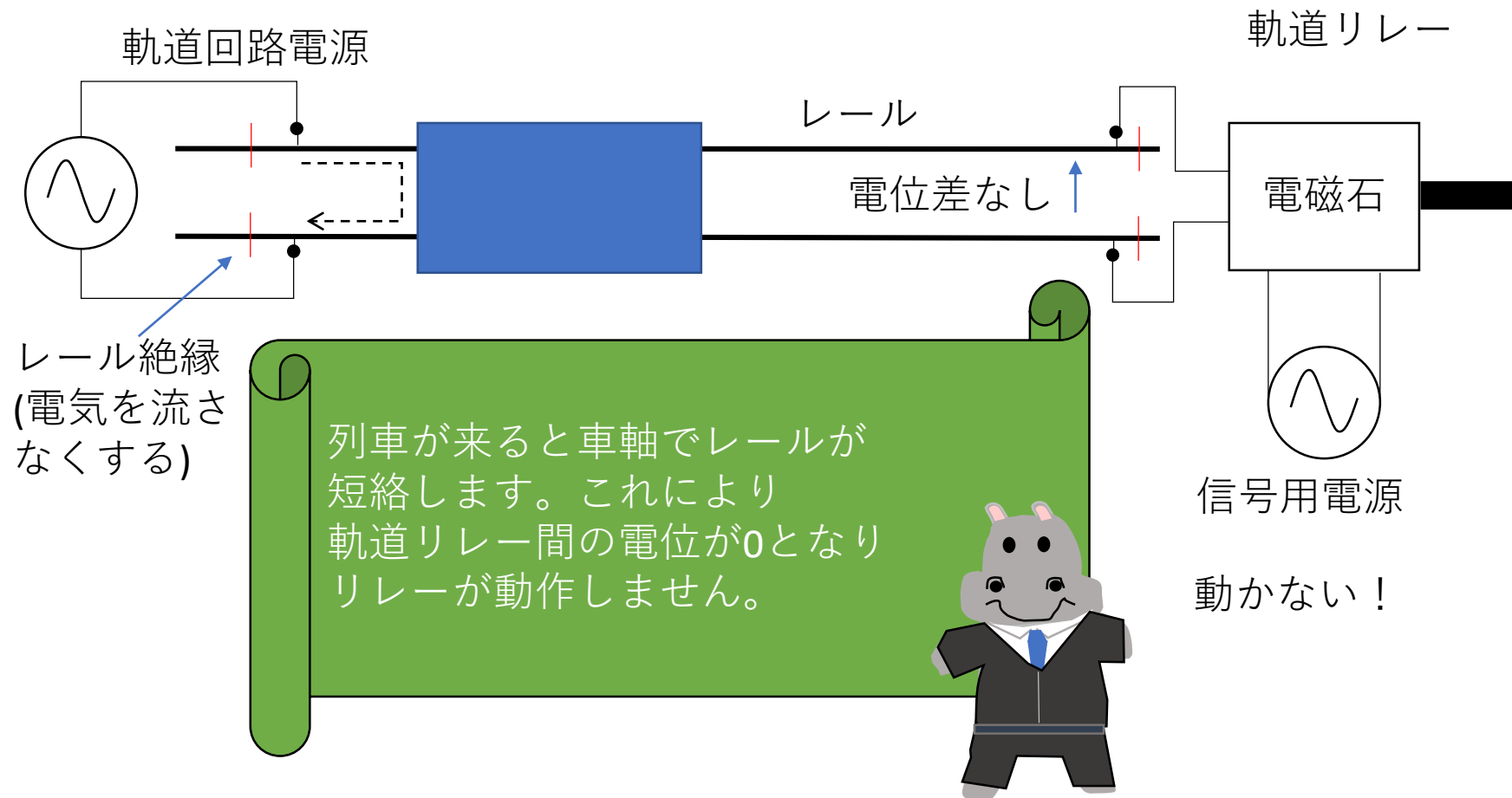


効率は悪いが、想定外の減速度による多重事故は避けられるためこれを採用

自動車は基本的には追従運転で、先行車の位置までに先行車の速度となるように間隔を担保するよう制御を行う。



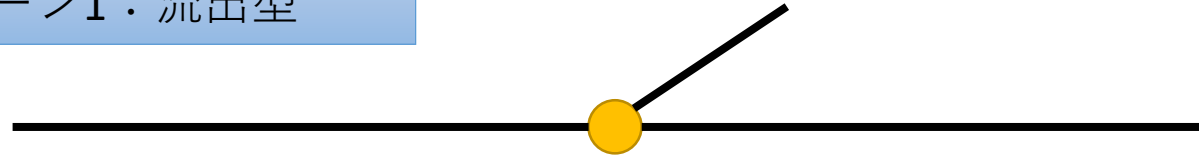
ぶつけないためには列車がいるかどうかを検知



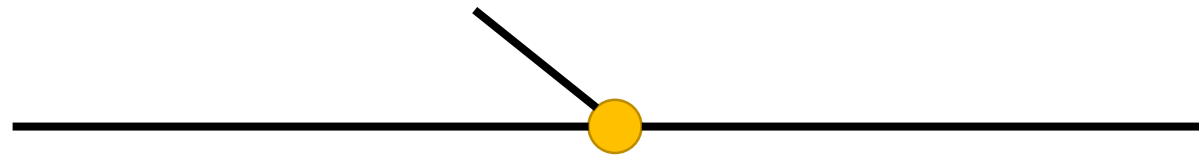
線路と高速道路の対比

基本的な線路のトポロジ

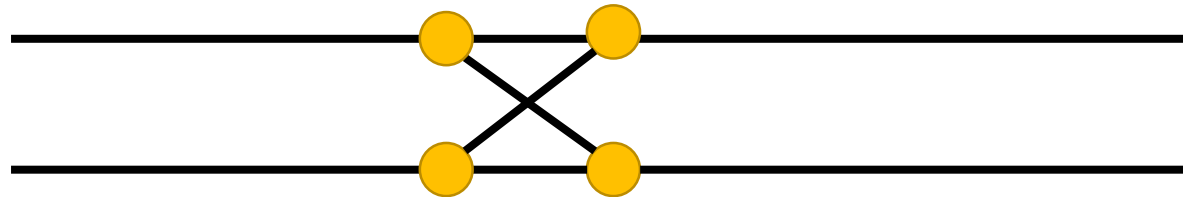
パターン1：流出型



パターン2：流入型

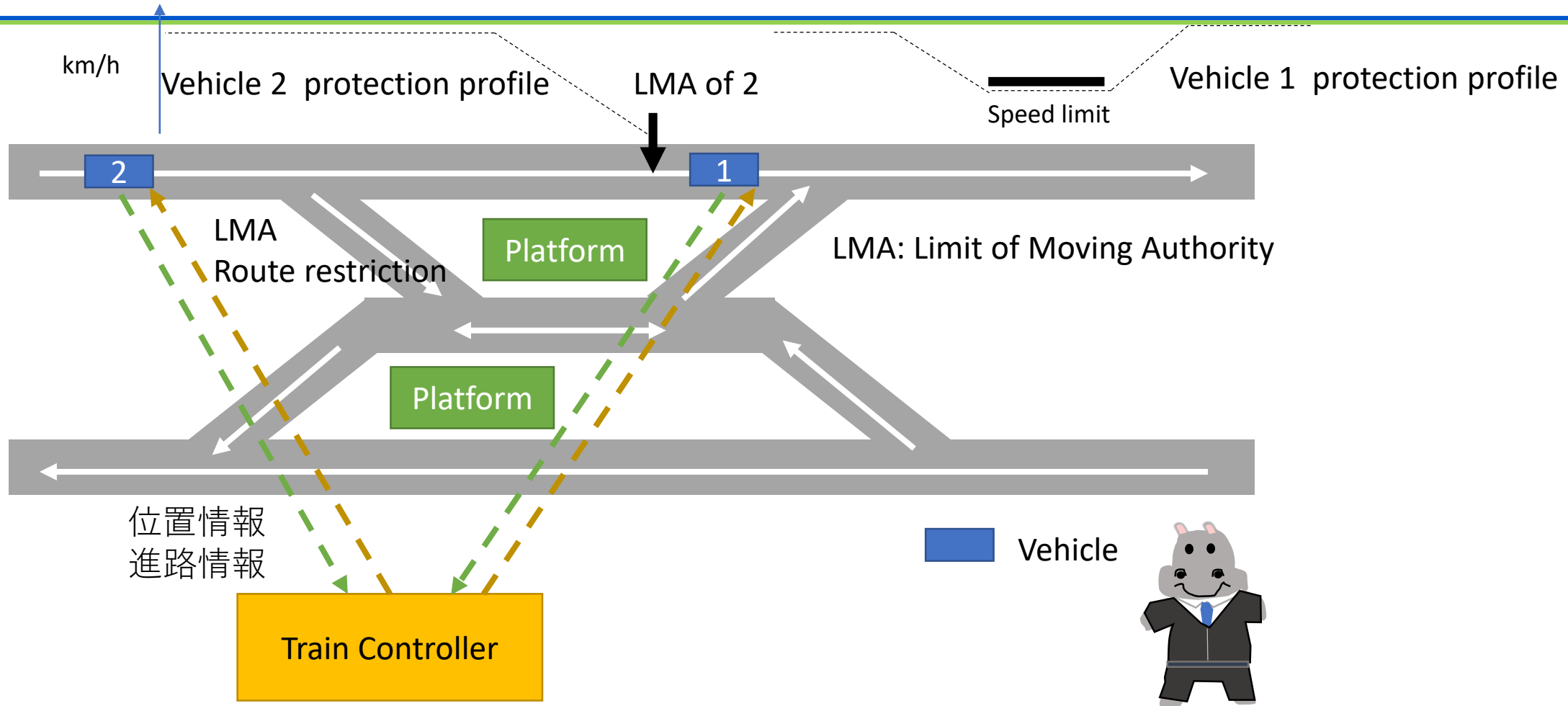


パターン3：シーサス



パターン3を除き高速道路と同じ。3も1,2の組み合わせで定義できる。

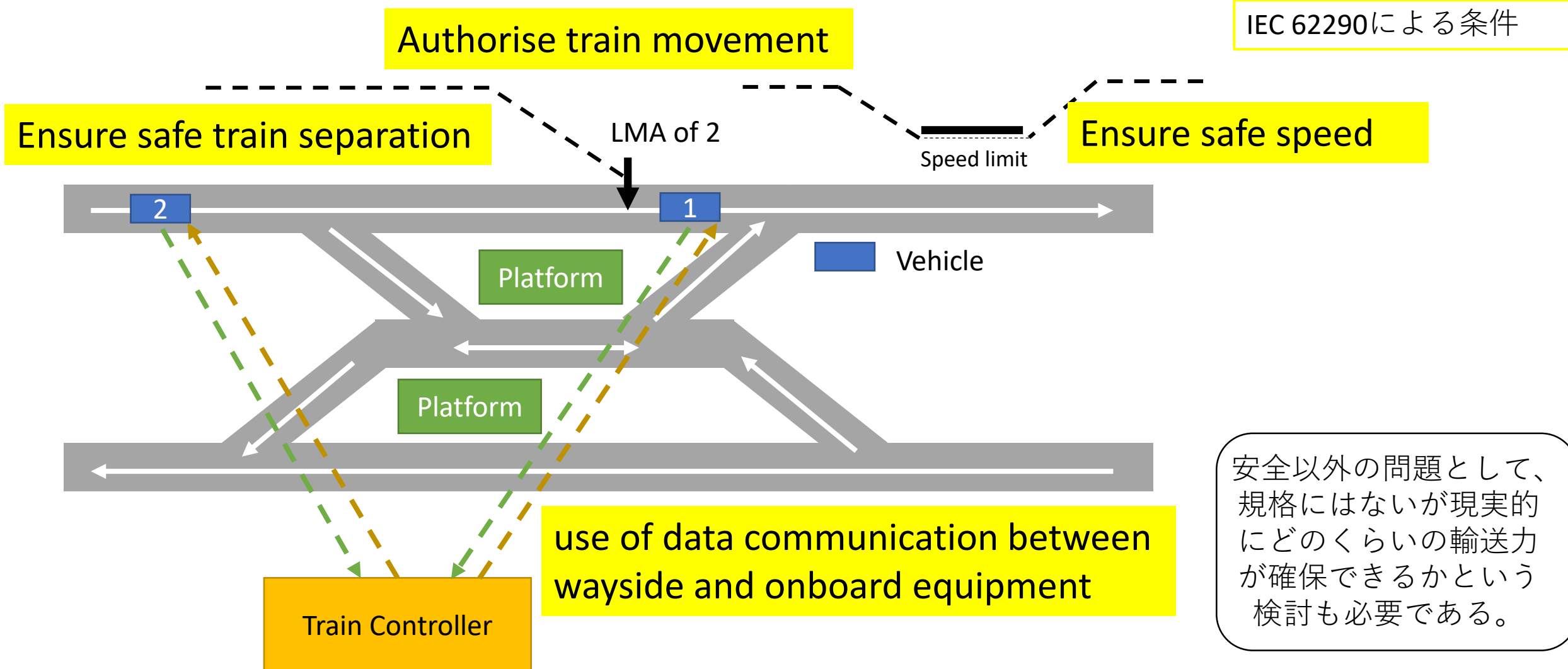
前提とするインフラ



道路を逸脱しない技術は確立しているため、線路は敷設しない。
(例えば、磁気誘導式は技術上の基準も免許制度も存在している。)

技術的な課題の抽出

留意すべき点は？



留意すべき点は？

IEC 62290による条件

要求される事項

Ensure safe train separation

Ensure safe speed

Authorise train movement

use of data communication between
wayside and onboard equipment

transport capacity

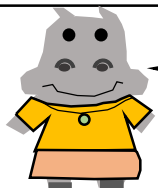
主な技術分野

車両位置の検知

車両あたり定員減少で車両数が増えることによる処理の高速化

汎用通信の活用・安全性とセキュリティ確保のためのデータの認証・完全性の確保

これについては今回はご説明しません。



運転保安だけでもいろいろな技術分野があるけれど、力を合わせることが大事でしょうね。。。

間隔制御をはじめとした安全な車両の動きについて

6.2.2.2 Ensure safe movement of trains

6.2.2.2.1 General

To ensure the safe movement of trains the following functions are required:

- ensure safe route;
- ensure safe separation of trains;
- ensure safe speed;
- authorise train movement.

For UGTMS ensuring safe separation of trains and ensuring safe speed requires the use of data communication between wayside and onboard equipment .

Railway applications – Urban guided transport management and command/control systems –

IEC 62290

Part 1: System principles and fundamental concepts

間隔制御をはじめとした安全な車両の動きについて

- **ensure safe separation of trains;**

間隔を制御するには、位置と車両長が必要。

- **ensure safe speed;**

安全な速度を担保するには、速度制限計算が必要。これには、先行列車と衝突しないための速度制限、走行路の特性による速度制限、自然条件や作業による臨時速度制限、輸送力確保のための速度制限があり、各種条件やLMAをもとにした、ブレーキ力の計算、滑走防止再粘着処理が必要。また自動運転の場合加速計算も必要。

- **authorise train movement.**

先行列車や合流点を基にした走行許可範囲であるLMAの計算をデータが集約されている地上装置で行うことが必要。

- **use of data communication between wayside and onboard equipment .**

地上車上の通信には無線通信が必須。

位置検知について

位置検知について

1. 速度発電機+RF ID

基本的には鉄道はこの方法で技術確立しており、法的な問題も少ないと考えられる。バス活用の場合摩擦係数 μ が高いため誤差が鉄道より少ないと推定。

2. 磁気誘導式無軌条電車の磁気ネイル+速度発電機を活用する方法

位置検知としては実績はないが、特殊鉄道に関する技術上の基準を定める告示に本方式が定められ、解釈基準も存在するため、法的な問題は少ないと推定。

3. GNSS

多く使われており安価であるが、フェールセーフ性について定説がなく、電波伝搬上不可能な地域もあるため鉄道における実用化事例は乏しい。しかしながらコスト面では有利であるため検討に値する。

4. 交通システム研究部の開発している、地上に置いた反射体を用いて、光を当て位置を特定する方法。

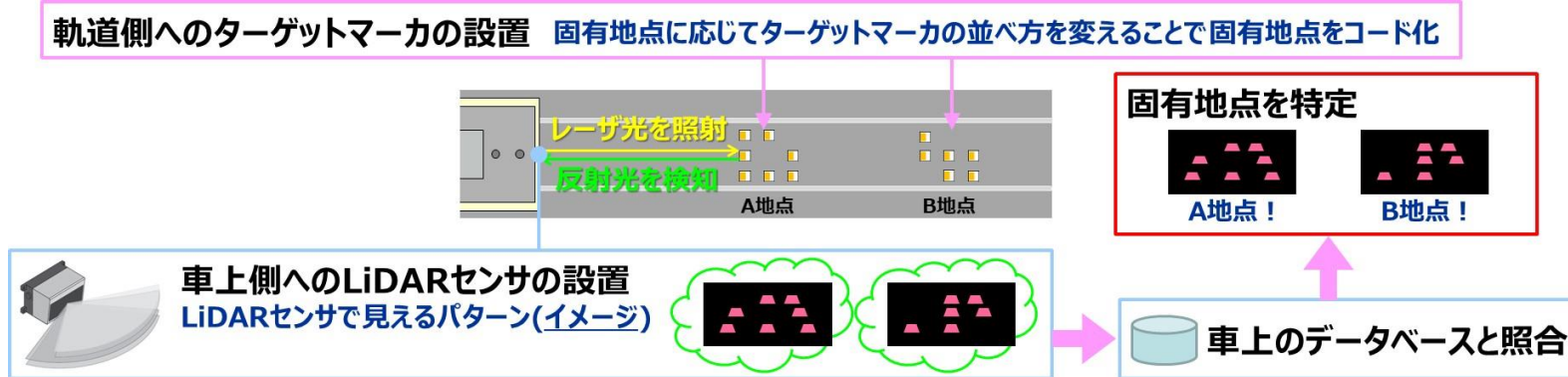
- 誤差について

誤差拡大は安全には直接影響しない。(誤差分を余裕離隔に含むため輸送力の低減につながる。) 但し、誤差ではなく、誤情報は安全面に大きな影響あり。

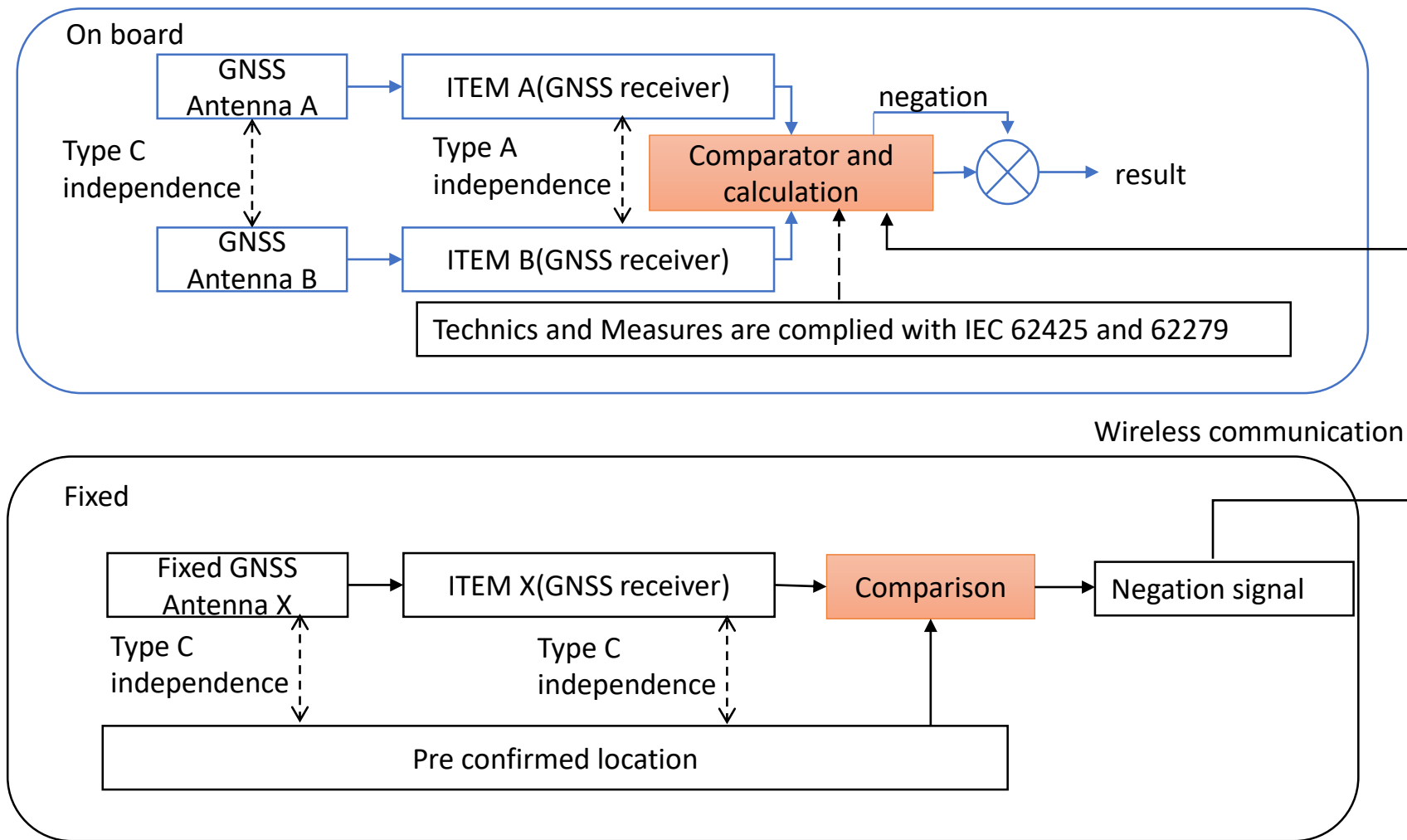
反射体を用いた位置検知について

LiDARセンサによる位置検知手法

- LiDARセンサを車上側，ターゲットマーカを軌道側に設置
- 軌道側はターゲットマーカを複数個使用し，固有地点に応じてターゲットマーカの並べ方を変えることで固有地点をコード化
- LiDARセンサがターゲットマーカに向けてレーザ光を照射し，ターゲットマーカからの反射光の輝度を測定してコードを読み取
- 固有地点とコードを紐付けたデータベースを車上側に装備し，LiDARセンサが読み取ったコードをデータベースと照合して固有地点を特定



衛星測位を活用した位置検知例



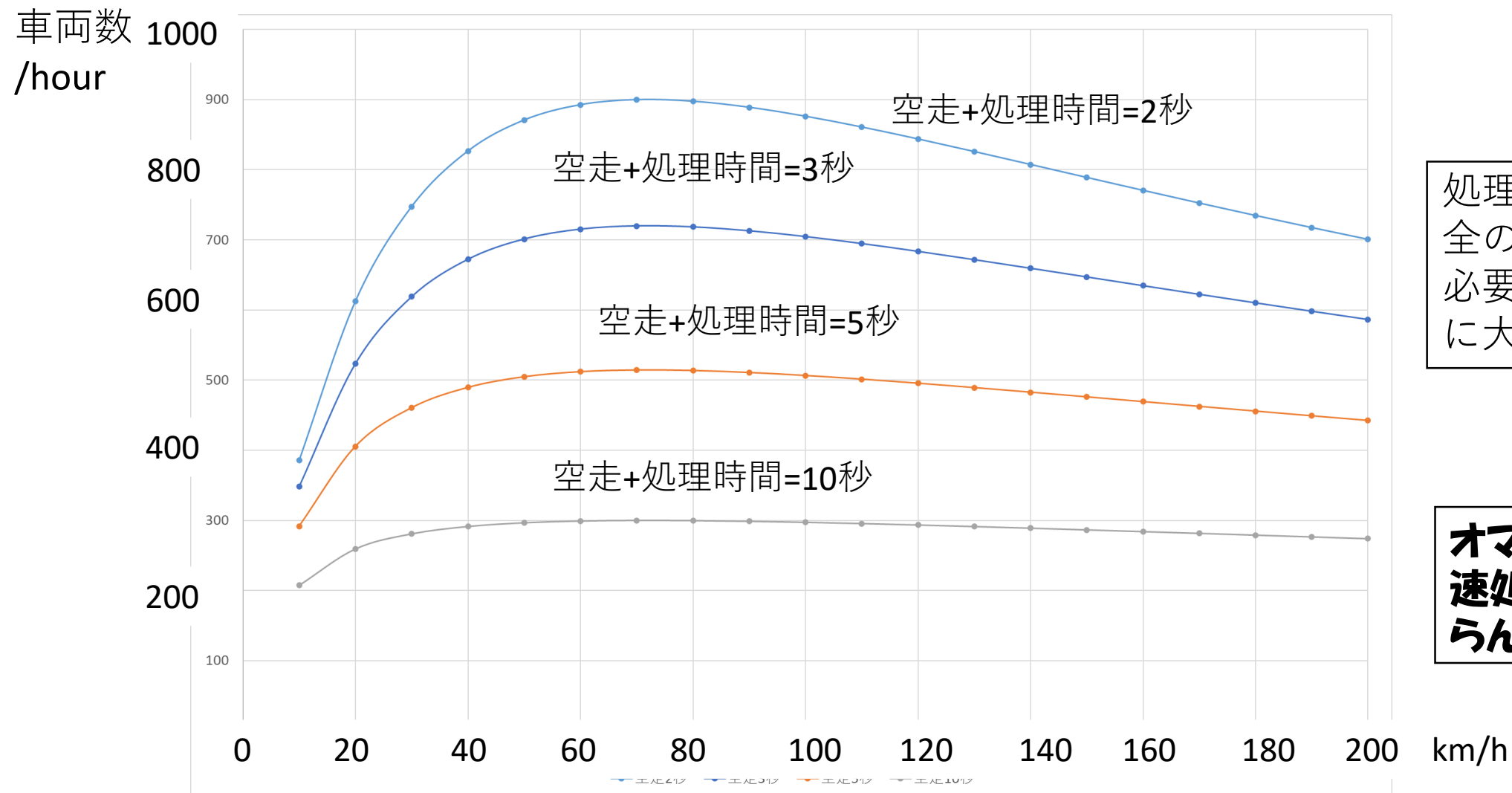
どのようなハザードがあるかを確認します。

衛星システムが故障する場合、受信機が故障する場合、電波伝搬における誤差が拡散する場合、各々の場合について故障を検知できるような仕組みにしておきます。



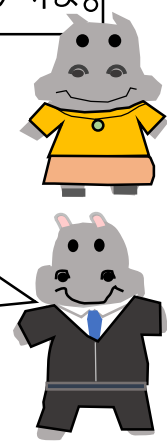
処理速度と輸送能力について

処理時間と路線容量



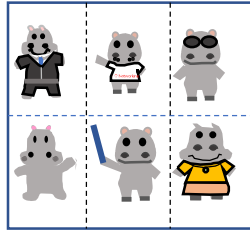
処理時間が遅いと、安全のため車間を開ける必要があり、路線容量に大きく影響しますね。

オマエらはよ高速処理装置つくらんか！



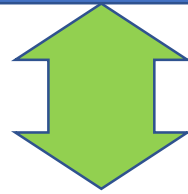
超並列処理系と得意不得意

CPU

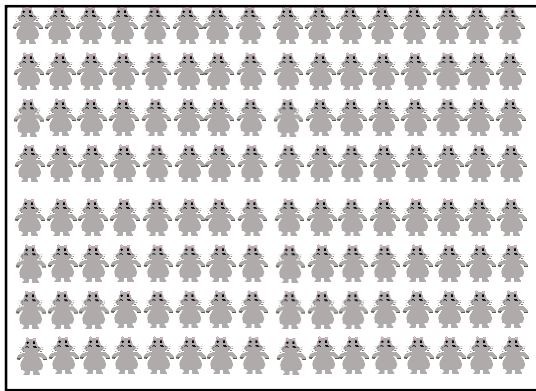


異なる処理を複数のコアで行う。コア数は現実的には8程度。

各コアごとに個別動作可能、全く異なる計算をコアごとにできる。



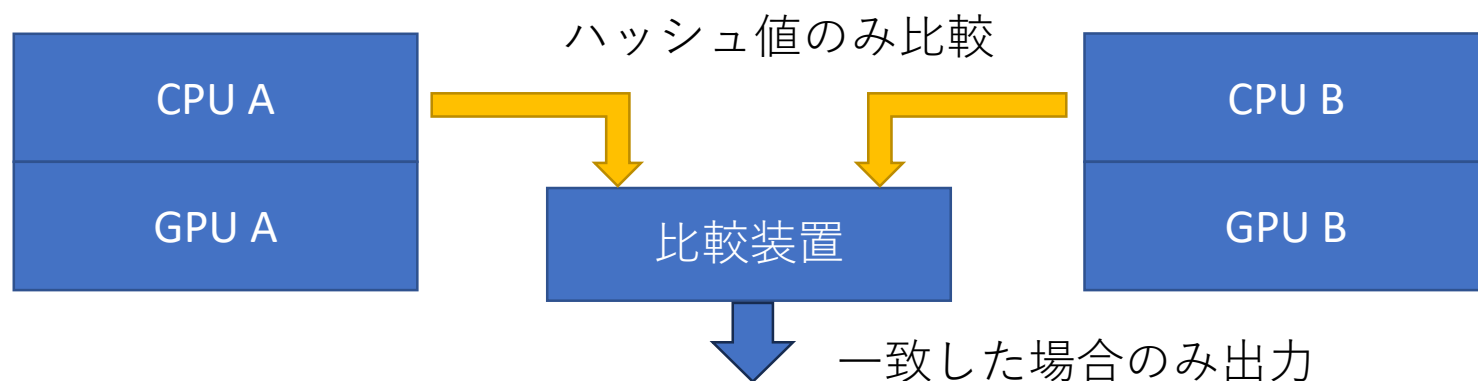
GPU(Graphics Processing Unit)



同じ計算処理を複数のコアで行う。コア数は128以上
計算を同時に多く出来るが、同じ関数の計算でなければならないという大きな制約がある。

今回の目的にはGPUがマッチしている可能性が高い。

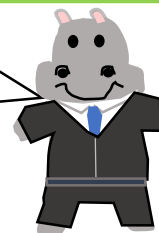
保安系高速演算ストラクチャーの提案



GPUでLMAを計算し、入出力処理及びLMA結果のハッシュ値の計算はCPUで行う。比較は、処理周期一回のみとなり、ボトルネックになりえない。

誤って処理結果が違うのにハッシュが一致する衝突確率は、スクランブル特性があるとされているハッシュ(SHA-2など)のビット数を n とすると、 2^{-n} となり、256ビットとすると、 $2^{-256}(8.6 \times 10^{-78})$ となり安全を阻害する値にはなりえない。

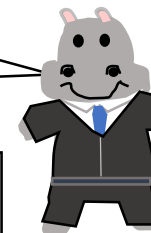
ハッシュってなんや？ハッシュドビーフなら知ってる。



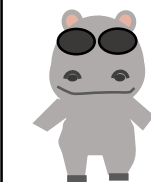
アホか社長。なんかデータを入れると、固定の長さの値を返す関数のことや。



7シは777がすきや



アホか社長。いっつも777やったら比較にならんやろう。結果がばらついてないと意味ないやろ。



価格について



全くの仮定やけど。カバ興業は金の匂いには敏感やぞ。

基本的には保安装置は鉄道用無線式ATCとほぼ同額程度と考えられる。

車両価格は、鉄道の場合1車両1.2億円程度であるが、30年程度使用し、15年で3000-5000万円の大規模改修を行うと考えられる。(N30工事)
このため、1.5億/30年となり、一年あたり500万円となる。

バスの場合、4000-5000万円程度と考えられ、15年使用すると仮定すれば、1億円となり、鉄道よりも安い可能性がある。

道路化による保線費用の低減もあるが、幹線でない限り、それほど大きな額ではなく、土木構造物についてはそれほど変化がないため、半額になるということにはなさそうである。



安くはなりそうやけど、今あるローカル線をこれにするっていうのは、無理かもしれん。少し特急が走るようなところかな。。

最後に

鉄道の技術と、自動車の特性を生かしたモビリティについての考えを述べてみました。

技術的な課題、規格の適合性数々の課題はあると思いますが、解決できないほどの問題はないと考えます。

今後とも、認証・開発において、微力を尽くしたいと考えております。