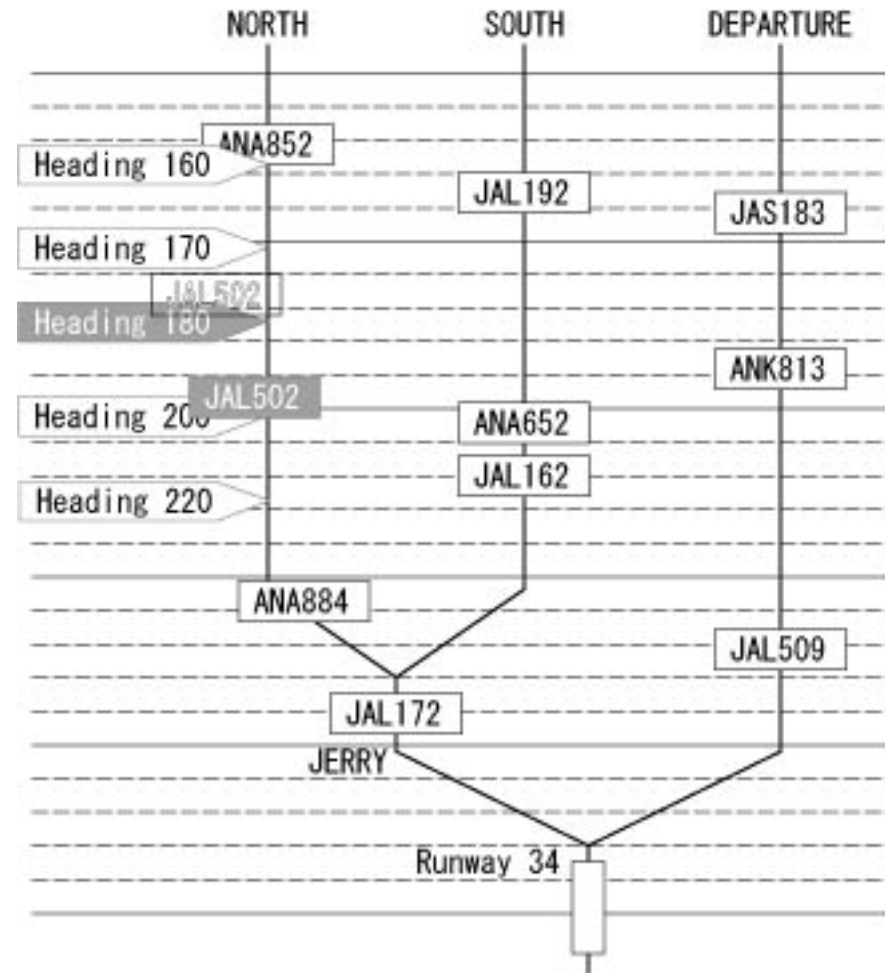
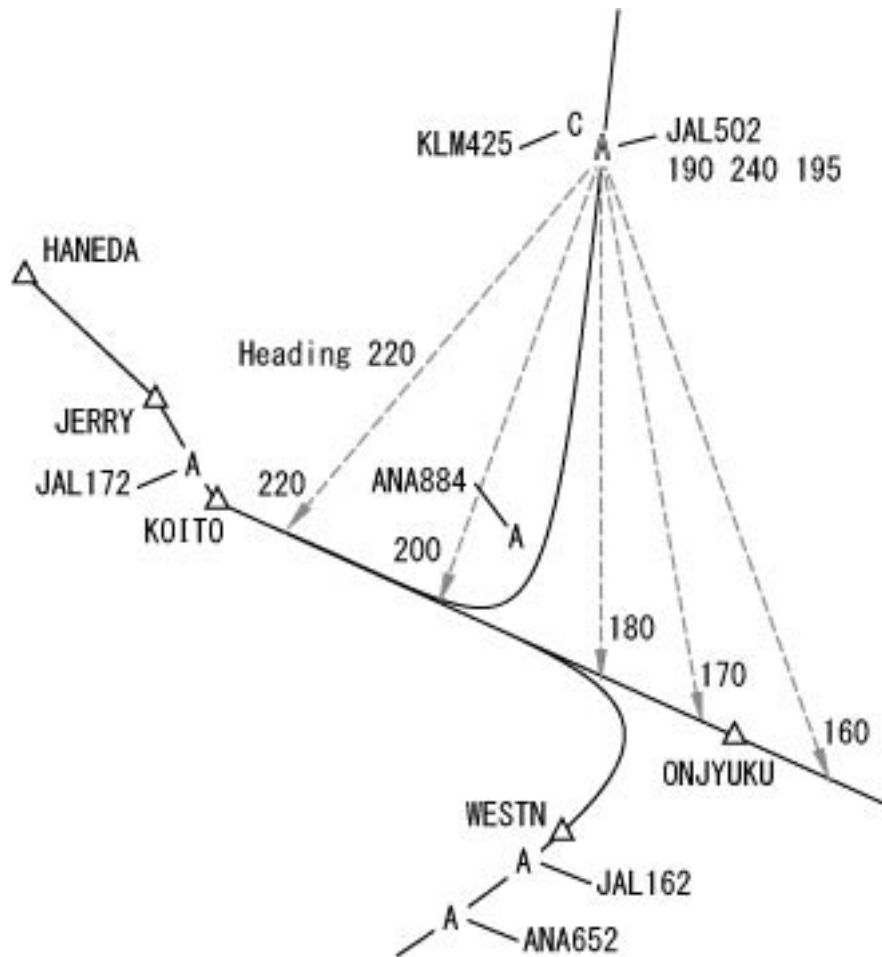


平成 22 年 6 月 4 日

待ち行列のカオス性から考察する空域容量

塩見格一, 金田直樹, 井上 諭

“はじめに” のその前に



*) 立続けにボタンを選択する操作を求めることは単純なミスが多発させる。

CPDLC は, どの様に実装されるべきか？

1) 業務処理手順の理解から業務処理目的の理解へ！

(時刻, 高度・速度・方位)のリストではなく, ……

…………… Fix.A を Ac.B の次に xx 秒後に ……。

2010 年の今日, トレンドは “トラジェクトリー” になったけれど,

2) “トラジェクトリー” ってなあ〜に？ 共通理解は存在するのか？

3) コンピュータが秒単位で最適化した運航計画が存在したとしても,

4) 管制官がオペレーションできなければ意味がない！

5) “トラジェクトリー” の運用にはどのようなユーザ・インタフェースが必要か？

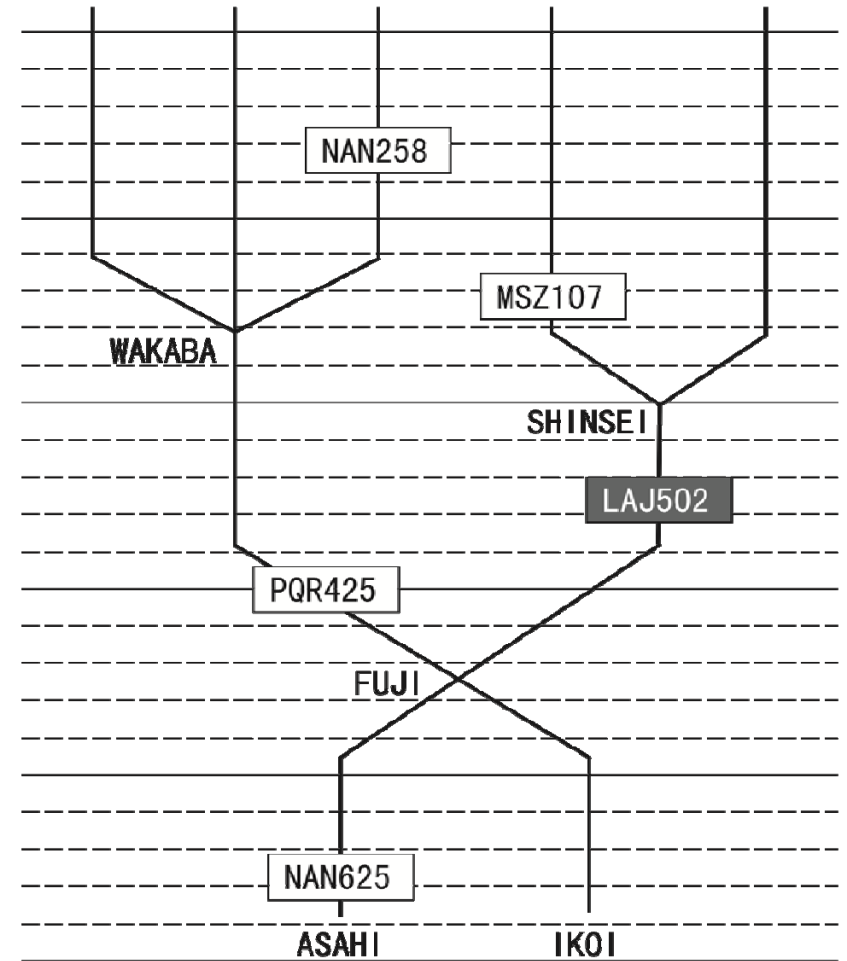
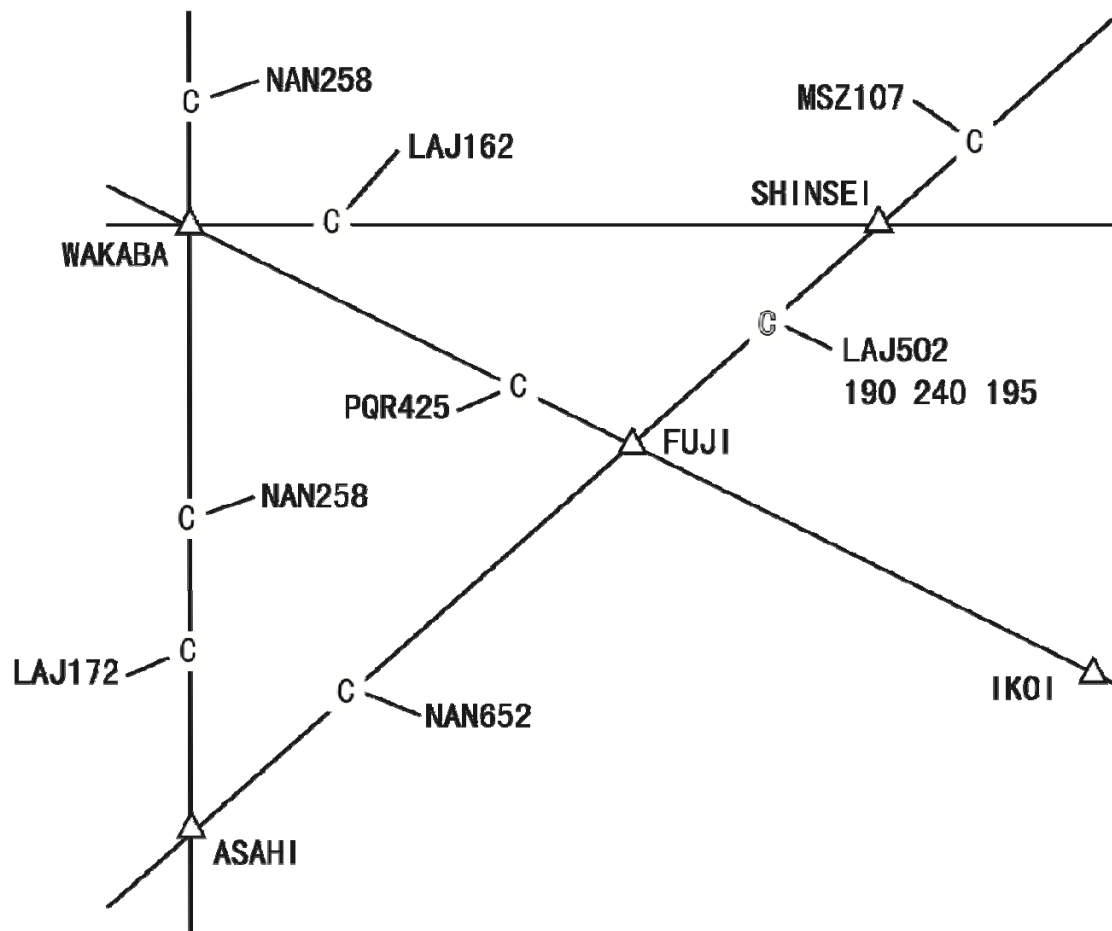
実は、何をどの順番で考えるべきか？ 分かっていない！

- 1) 途方もなく巨大なシステムの全体を整合させる事は、今日の情報処理技術では実現し得ない。
- 2) 情報の生成量が急激に増大している状況において、将来も無矛盾な情報処理システムが成立し得るとは考えられない。
- 3) 何をどうすべきか？ “実際に役に立つ” 何ができるのか？
- 4) 個々の航空機の運航を最適化したり、高い精度で予測したりする事は重要であっても、 ……最適化の尺度は????
- 5) 運航全体の合理性がどの程度改善されるのか？ 実は分からない。

← 要素の最適化はシステムの最適化とは別問題だ。

全体は、単なる部分の合成ではない。 ..行間に意味は発生する。

局所整合性の確保から



はじめに

「速度を落とさないで下さい！」

- 1) 高速道路に長く緩やかな登りが発生する場所では、登りの自動車に対して速度維持が求められている。
- 2) 渋滞低減効果は絶大で「20 世紀におけるカオス理論(複雑系の理論)の最大の成果」と言ってもよい。

本研究では、高速道路における上記命題の様な、

- 3) 航空交通の効率を改善する、単純で明快、絶大な効果、等々のある命題を見付けたい。例えば「混雑空域では出来るだけ高い高度を維持する？」

カオス理論 : chaos theory (複雑系の理論 : theory of complexity)

我が国における取り組み

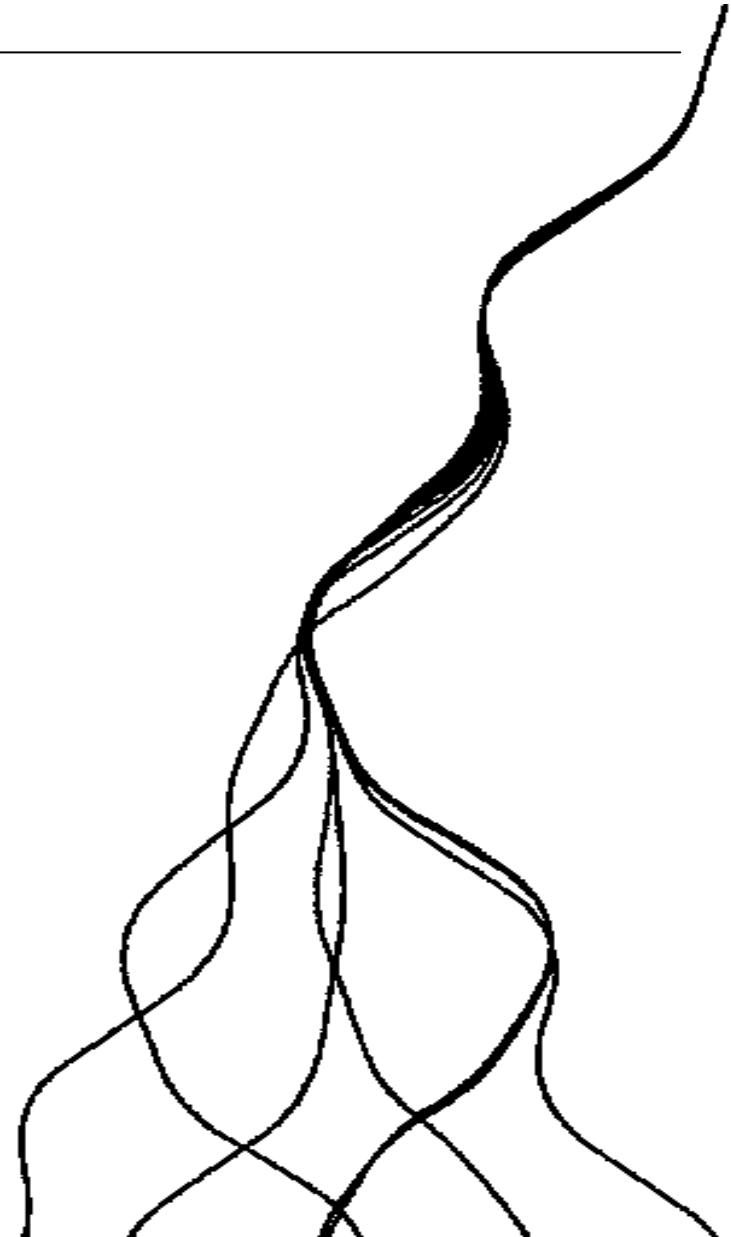
- 1) 上田皖亮(うへだよしすけ)1961年11月27日に, 世界で初めて物理現象としてのカオス現象を発見した。

指導教官であった林千博の理解が得られなかったため, 長らくカオスは1963年に気象学者のエドワード・ローレンツによって発見されたものとされていた。

- 2) 渋滞学: 制限速度 80km/h の道路では, 平均車間距離が 80m 以下になると, 急激に渋滞の発生確率が上昇し, 一旦渋滞が発生すると渋滞の後端は 20km/h で後方に進む。

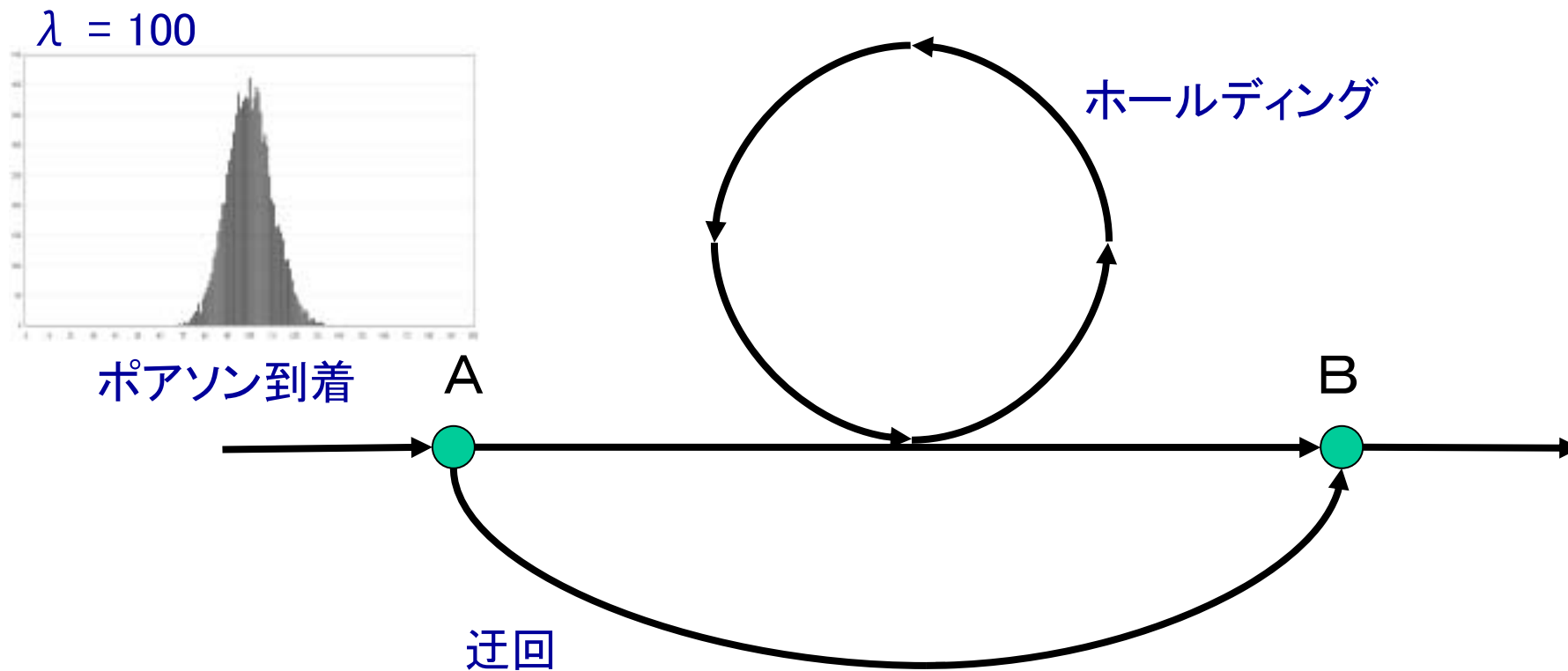
カオス

- 1) スノーボードを雪山の頂上から滑らせたとすれば、いつも全く同じ場所から滑らせたとしても麓の何処に着くかは全く予測することができない。
- 2) カオス理論は、カオス理論以前のパラダイムでは複雑過ぎて説明できない現象を理解するための理論である。
- 3) カオス理論によれば、カオス的な現象の時間的推移を予測することができ、観測精度に依存する近未来が予測できる。



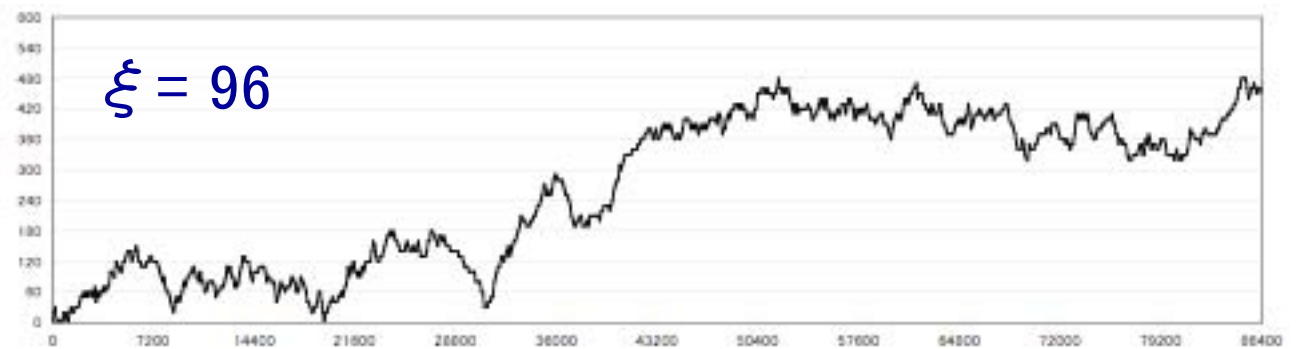
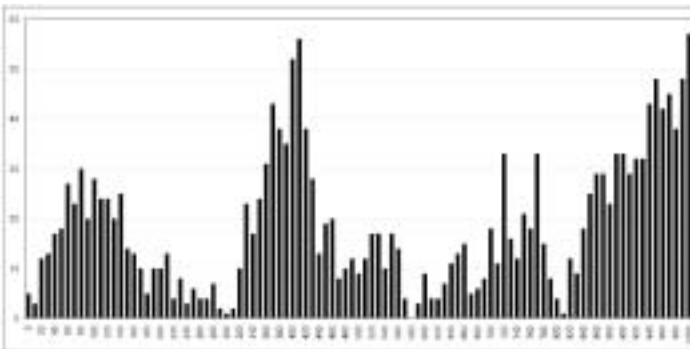
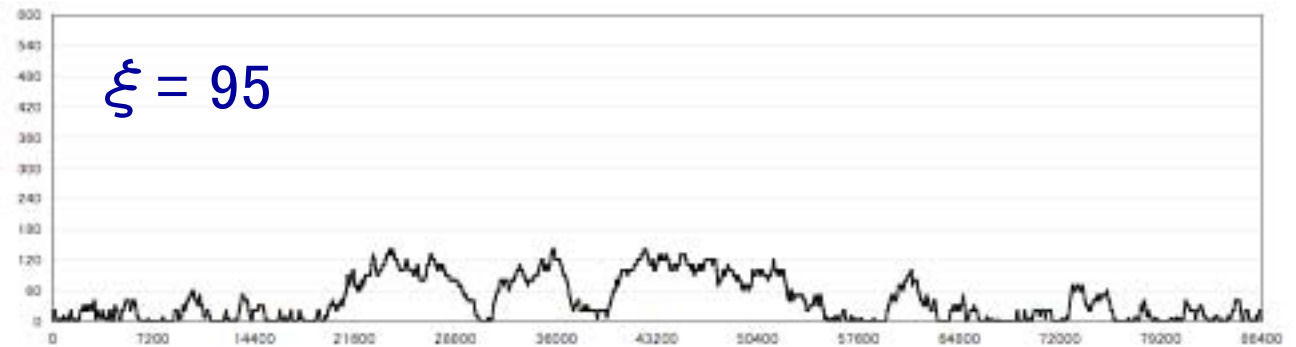
遅延の連鎖のモデル化

- 1) Aに平均 λ の間隔で到着し, Bを最小間隔 ξ で出て行くとする。
- 2) 最大迂回遅延時間 τ , ホールディング遅延時間 θ との関係は？



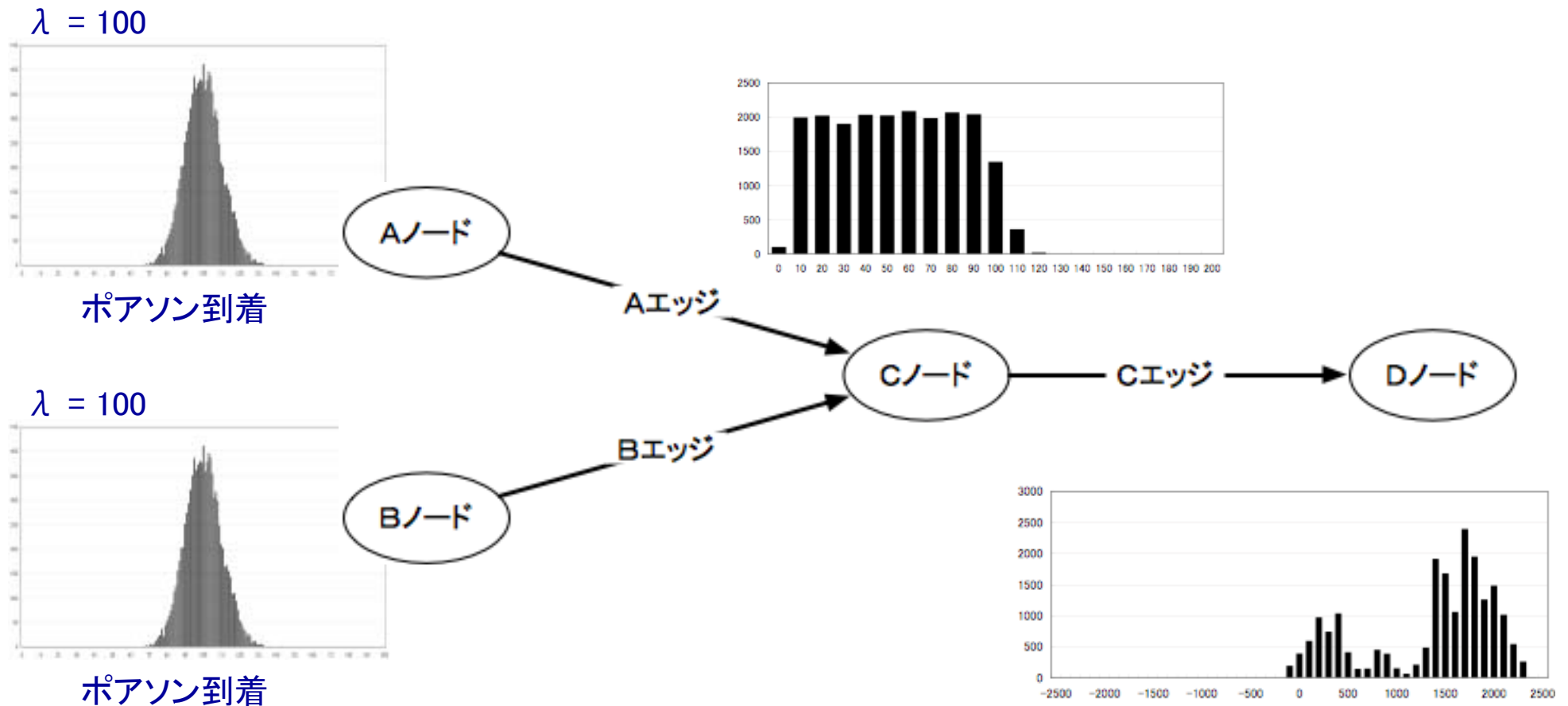
遅延の連鎖のモデル化

- 1) Aに平均 λ の間隔で到着し, Bを最小間隔 ξ で出て行くとする。
- 2) 最大迂回遅延時間 $\tau = 20$, ホールディング遅延時間 $\theta = 20$ として,



少し複雑な場合を考える

Aノードから平均間隔100のポアソン発生した待行列が進入し、Bノードからも平均間隔100のポアソン発生した待行列が進入し、Cノードで合流する。Cエッジにおける制限を平均間隔50とすれば、……………。



空域状況を表現するパラメータは何が適当か？

背広を作る場合のパラメータは幾つ必要か？

1) 身長, 体重, 3サイズ, 座高, 手足の長さ太さ, ……10個以上

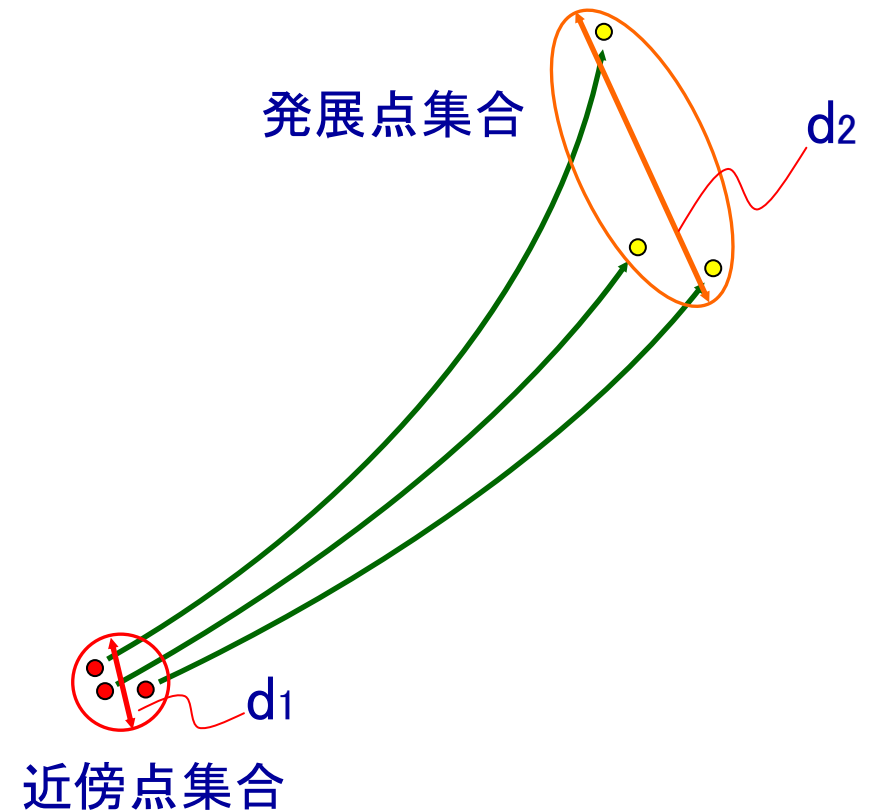
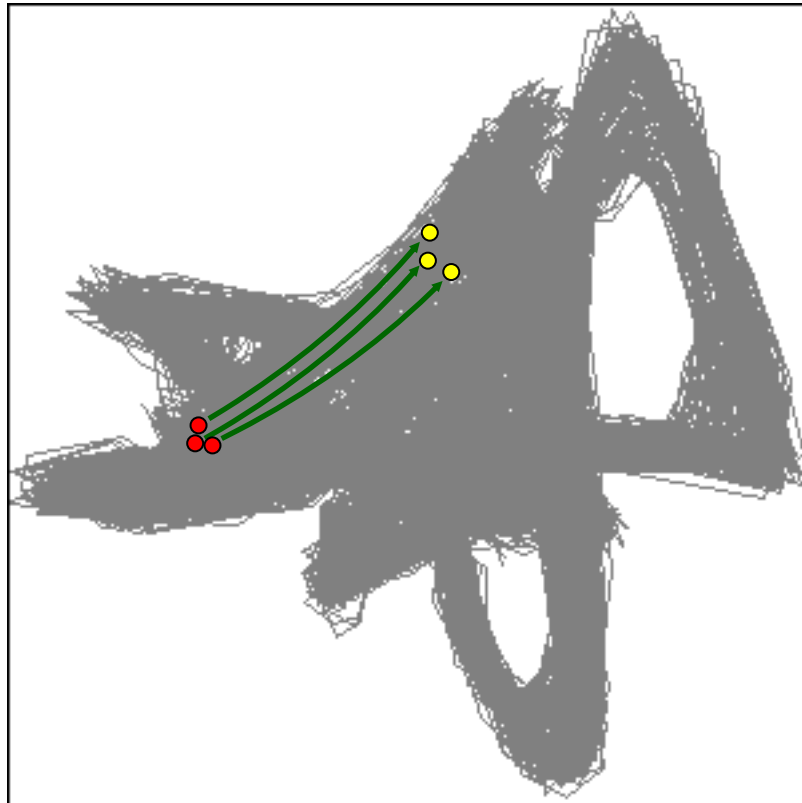
実際には,

2) 身長, メタボ度, 撫で肩度, 猫背度, ……………3〜5個

空域状況の表現に有効な主成分は何か？

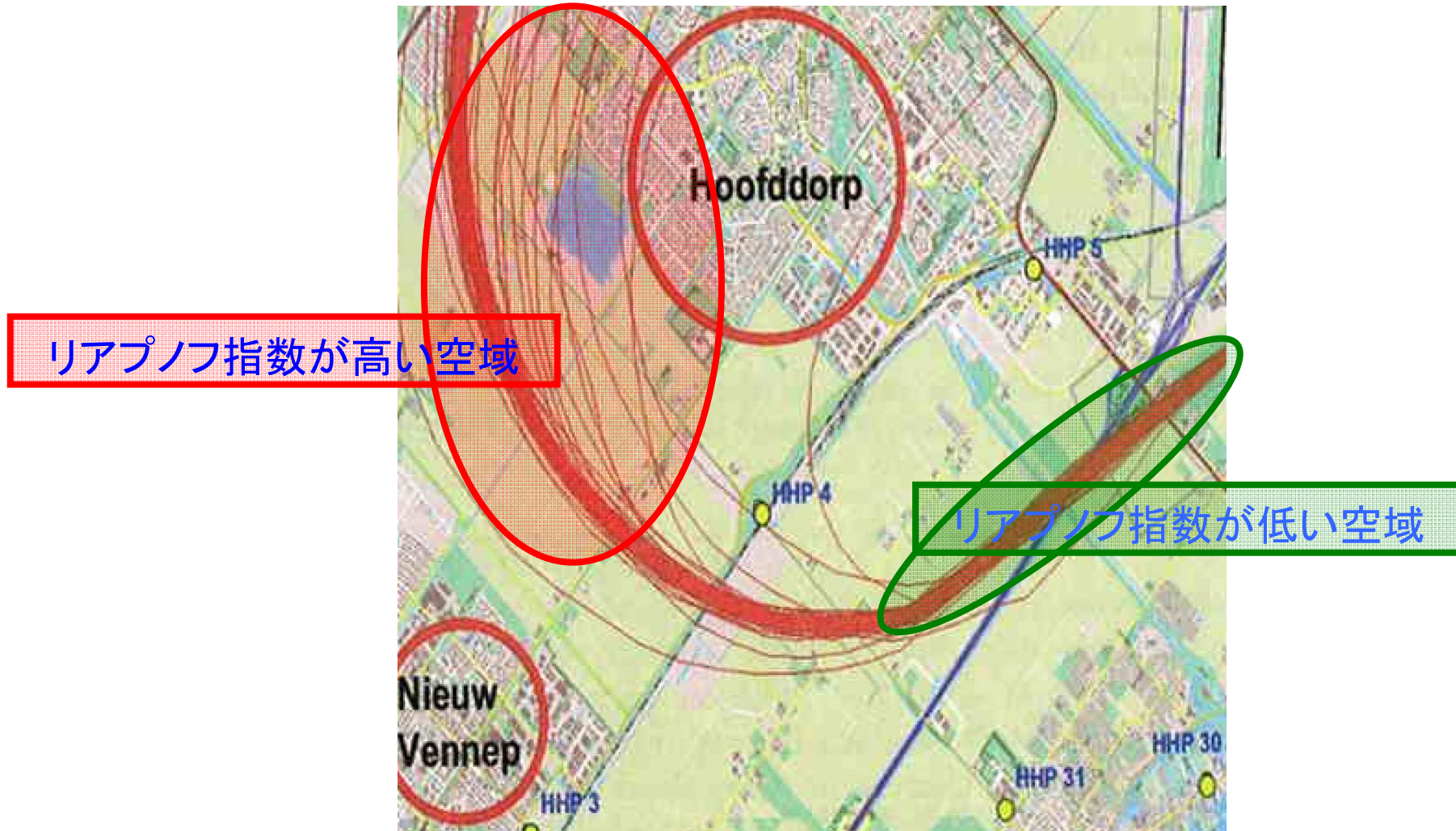
最大リアプノフ指数

リアプノフ指数は、システムや状況の複雑さや安定性を示す指数です。



$$\lambda_M = \text{Lim} \log \left(\frac{d_2}{d_1} \right)$$

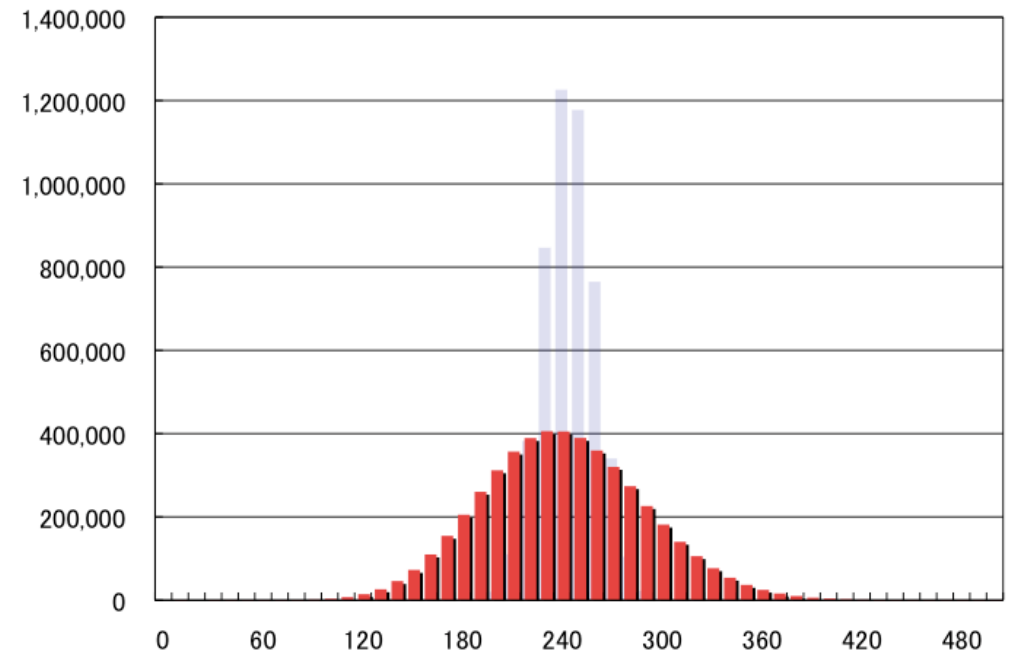
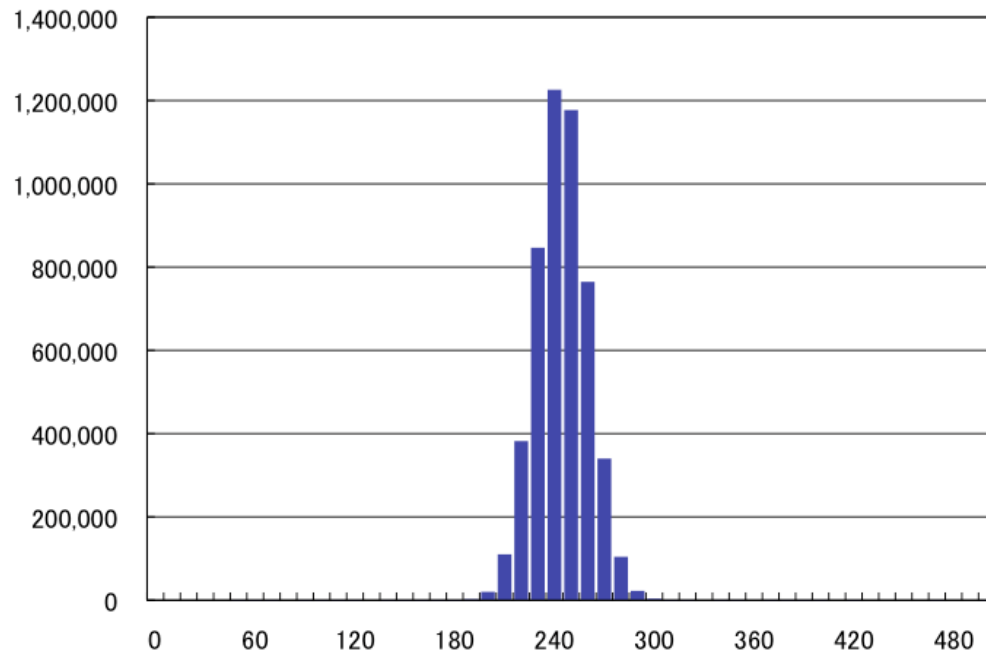
空域のリアプノフ指数は計算できるか？



図は, Trajectory Management for Aircraft Noise Mitigation (Prats, 他) より

時間の単位

時間は1秒ずつ進んでいる訳ではない！！



おわりに

トラジェクトリー, 空域状況, 等々を統合して取り扱うためには,

- 1) 業務単位時間と物理的な時間との対応関係を明らかにする。
- 2) 空域のリアプノフ指数の様なパラメータ, 或は主成分を抽出する。

もし, 上記の2つのパラメータ(プラス・アルファ)で空域状況が表現できれば, 航空機運航環境のシステム化等の方法論は, 現状よりもずっと明確になるだろう。

ご清聴有り難うございます！

もし, 右目に鱗が付いていたのならば, 鱗は取れたでしょうか？

或は, 左目に移っただけでしょうか？