

AIを用いた不安定進入の要因分析

森 亮太

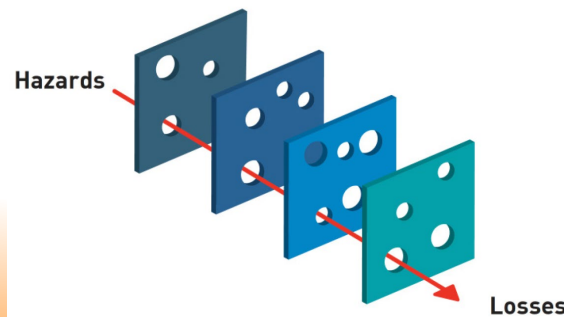
航空交通管理領域

不安定進入とは

- 最終進入時に、航空機が安定しないまま着陸を行うことを指し、事故につながる一つの要因として認識されている。
 - 対地500/1000ftまでに航空機が「安定(Stabilized)」していることが求められている。
 - 不安定進入の指標
 - ノミナル経路からの逸脱量
 - 速度
 - バンク角 etc...
 - 不安定進入となった場合は、着陸をとりやめるべきとされている一方、全体の9割以上は進入を継続しているという報告がある。

現在の対応策

- 不安定進入(あるいは、同等のフライト)を個別に1つ1つ分析し、その要因を分析する。
 - 明らかに要因が断定できる場合は効果があるが、そうでない場合には効果は限定的。
 - 数が限定的であり、統計的な分析が困難。
- 事故が実際に発生するときは、複数の要因が複合的に発生するケースが多い。
 - 個別分析では、どのような因子(潜在的な危険因子)が危険につながるかまではわからない。



研究目的と方針

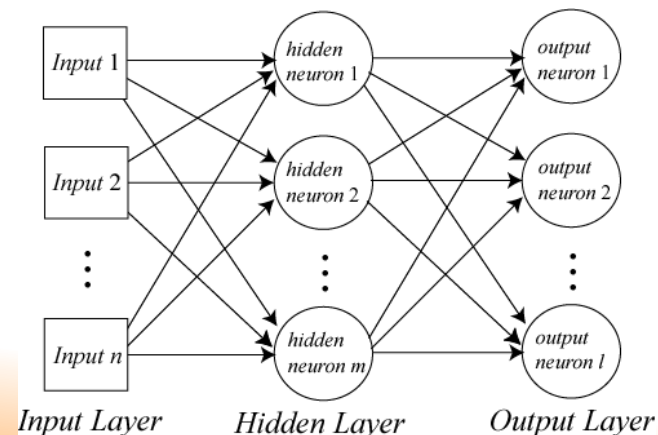
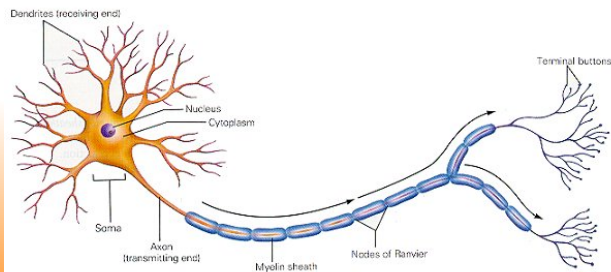
- 不安定進入を減らすために、その要因分析を行うことを目的とする。
 - 不安定進入の一つの大きな要因として飛行環境(風の状況)が存在する
 - 飛行環境は変えられないため、それ以外の危険因子を見つけることが目的
 - フライトごとに、飛行環境を考慮したうえで、相対的な不安定度を計算する。
 - 各フライトの不安定度をもとに、他の要因との因果関係を調べる。
 - 不安定進入のデータだけでなく、すべてのデータを用いることで、統計的な分析が可能となる。
 - 統計的に、不安定度の高いフライトと危険因子との関係性を調べる。

AI(NN)の利用

- 分析にあたり、飛行環境に応じて、「妥当と思われる不安定度」を計算する必要がある。
 - AI(=NN: ニューラルネットワーク)により実施
- ニューラルネットワークとは...
 - 脳機能の情報伝達機構をもとに考えられた数理的モデル
 - 近年AIと呼ばれているものの多くは、NNを指している場合が多い。

THE MAJOR STRUCTURES OF THE NEURON

The neuron receives nerve impulses through its dendrites. It then sends the nerve impulses through its axon to the terminal buttons where neurotransmitters are released to stimulate other neurons.



NNにできること

- 教師あり学習
 - 推定に必要なデータ(入力)と推定結果(出力/答え)の両方が必要 → 教師データ
 - 入力-出力をもとに、その関係性をNNで近似する
 - 未知の入力に対する推定精度をもって評価する
 - 分類や推定問題に利用が可能
- モデルの推定精度は、以下に依存
 - データの質やデータの数
 - 入出力の選定やモデル構築、学習プロセス
 - 当該運航への知識や、NNの知識・経験に大きく左右される

MNISTのデータセット

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

今回のNNの使用法

- 各フライトのデータを16秒ごとに分割

- 入力: 飛行環境

- ・ 風、高度、トラック角、ロール角...

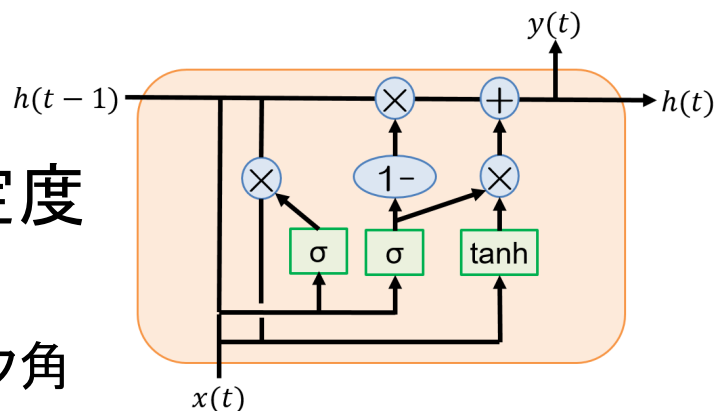
- 出力: 16秒間の横方向の不安定度

$$\Omega = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} |\psi_{i+1} - \psi_i|}{t_N - t_0} \quad \psi_i: \text{トラック角}$$

- 教師あり学習が利用可能

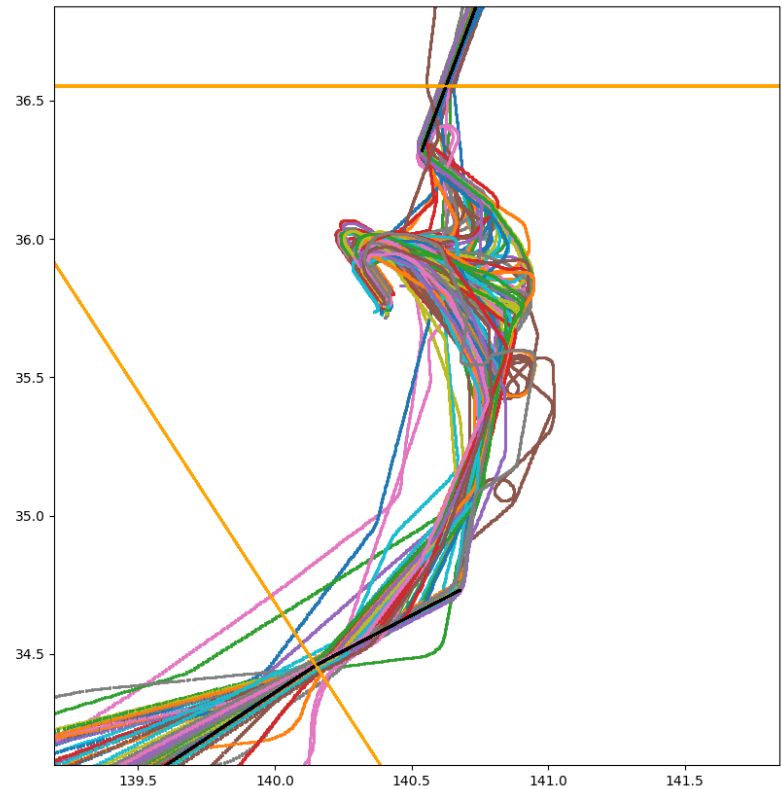
- 予測された不安定度は、データの平均 = 「通常運航」で期待されるものと想定される。

- 実際の不安定度が、予測と大きく異なるフライトは、他と異なると考えられる。

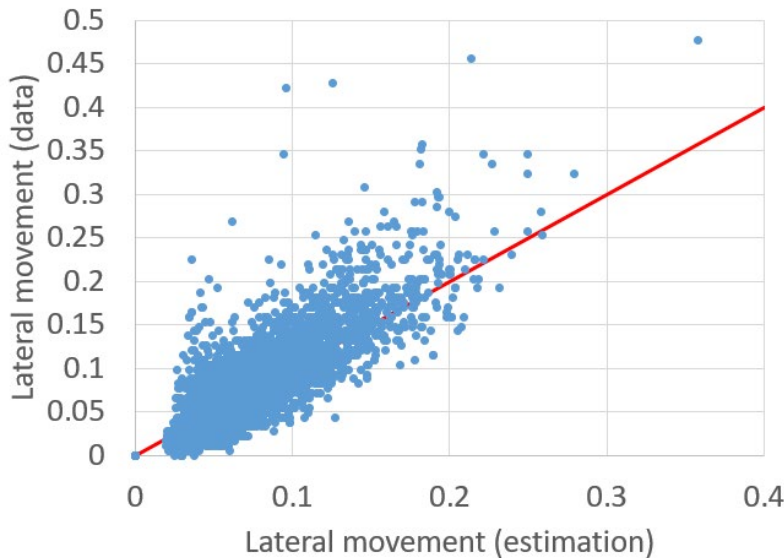


使用データ

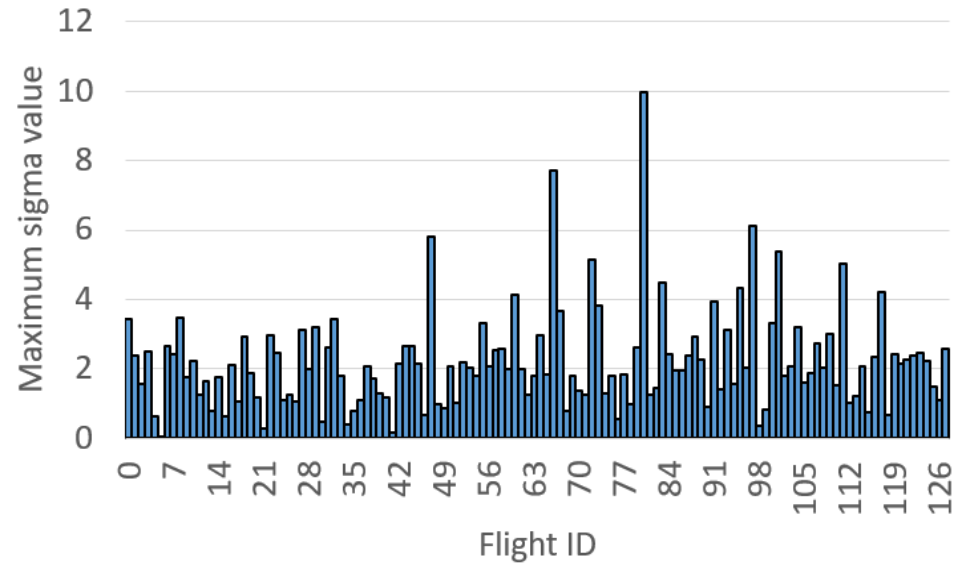
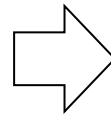
- Peach Aviation殿から提供されたQARデータ
 - 2019年10～12月
 - 128便の着陸データ
 - RJAA RWY 16L ILS Z/Yへの着陸
 - A320
 - 教師データとして、ILSに会合後のデータのみを使用
 - 各フライトから40弱のデータを作成し、計5,000程度のデータを使用



横方向不安定度の分析



データ区切り(16秒)単位

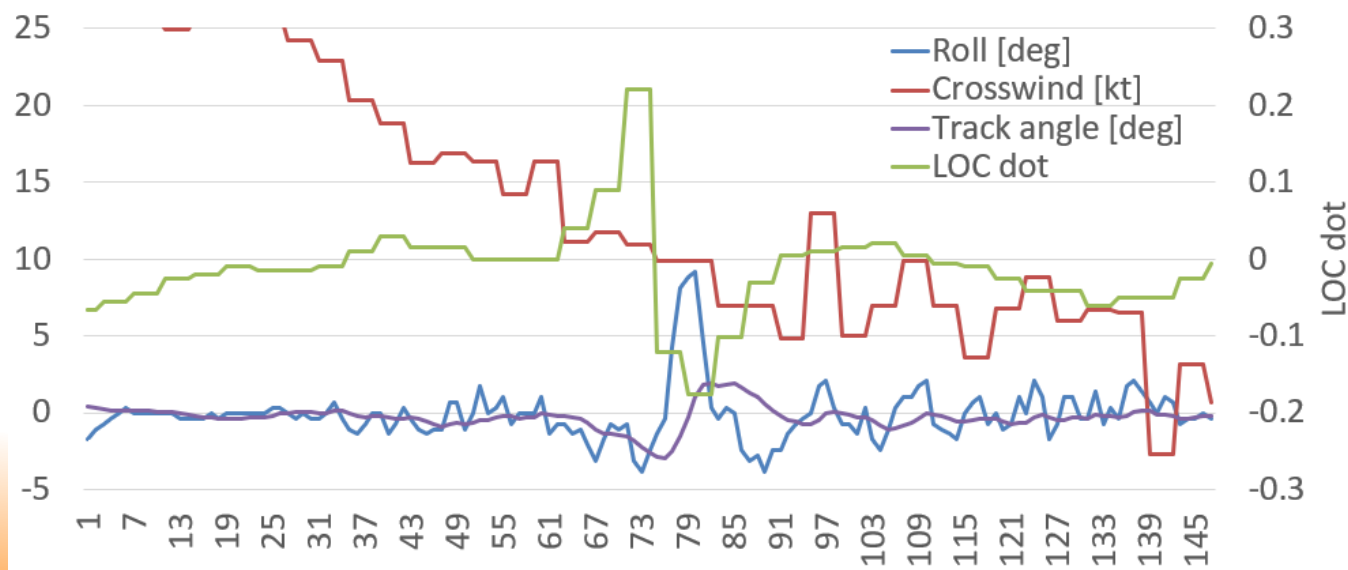


フライト単位

- 高いスコア: 飛行環境を考慮した上で、他と比較して不安定度の高いサンプル

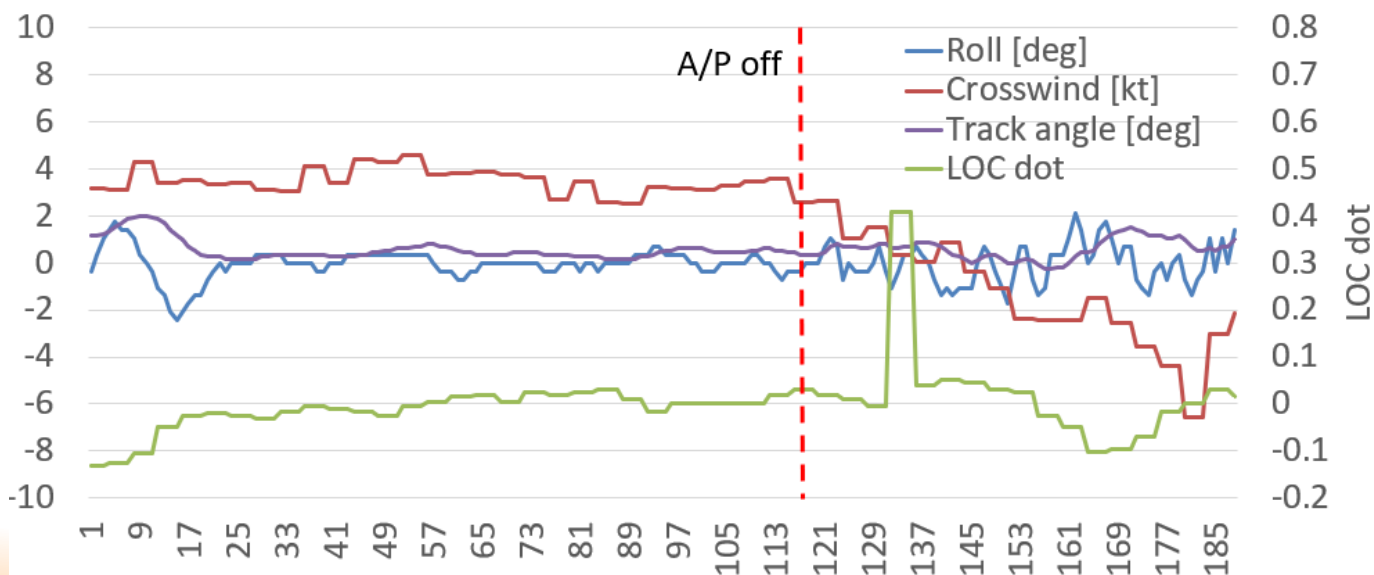
ID80

- 横不安定度の最も高いもの
- A/P off: 809 ft
- A/T: always on
- バンク角が高まる直前にLOC変位が大きく増大している
 - LOCが飛んだ(異常値)のが原因で、それをA/Pがトラックしようとしてバンクが9度まで入ったと考えられる。
 - バンク角が過大となった直後にA/P offとなっている。
- 同様の現象が、横不安定度の高いトップ5件でも確認された。



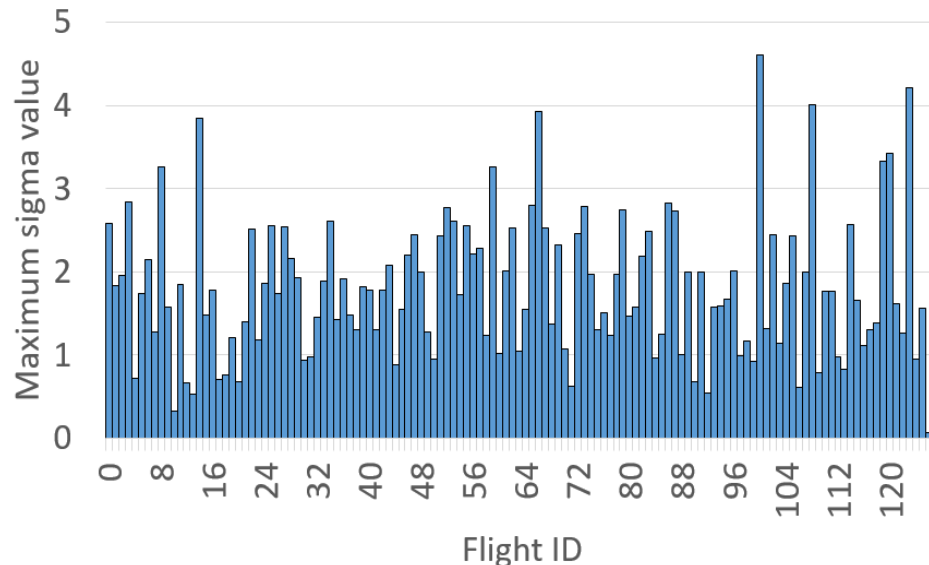
ID88

- 横不安定度は小さいが、LOCポインタ移動量の大きいもの
- LOCポインタが0.4dot程度飛んでおり、ID80のケースより飛びが大きい
 - LOCの飛び(異常値)により、FDも大きく飛んだものと想定されるが、A/Pがオフであったため、パイロットが飛んだFD/LOCをトラックせず、不安定現象は発生しなかったと考えられる。



縦方向の不安定度

- 縦方向(ピッチ方向)も同様にモデル化し、不安定度を算出した。
 - 不安定度と関連があったと思われる要因
 - Landing flap 展開高度
 - 500ftにおけるTarget speedに対する速度(CAS)
 - 関連があるとはいえなかった要因
 - 着陸前20/30 NM地点におけるエネルギー値
 - 1000ftにおけるTarget speedに対する速度(CAS)
- ここで関連がなかったから、実際に関連がないとは限らない。データ数を多くとれば、関連が出てくる可能性がある。



まとめ

- 不安定進入の要因分析を目的として、NNを利用して飛行環境に応じた不安定度の推定を行った。
- 横方向の不安定性について
 - 不安定度の高いフライトの多くは、同時にLOCの異常値が観測されたことを確認
 - 当該空港/滑走路特有の事象のようである。
 - 事象発生時にA/Pがオフであった場合は、不安定度が高くなっていなかった
 - 例えば、当該アプローチ時には早めにA/Pをオフにする、などの対策が可能と考えられる。
- 縦方向の不安定性について
 - 「Landing Flap展開高度」「500ftにおける速度」と不安定度に関連があることが示された。
 - さらにデータを増やすことで、乗員間の違いなど、様々な分析を行うことが可能。

最後に

- QARフライトデータは、情報の宝庫と言われている一方、活用が十分に進んでいません。
- 安全性分析をはじめ、効率向上など、様々な目的にデータを活用できる可能性があり、お手伝いさせていただければ幸いです。