

航空機の公共チャーター運用における 生産性評価

2018年11月24日

衣川 摂哉

序

現在と今後の日本では

自然的，人為的な大災害への対応が切実である.

国土全体の産業活性化への方策が求められている.

離島，山間地に僻地が多く人口減少地域が増加している.

そこで,

航空機により環境負荷を低減しつつ2地点間輸送能力の
増大を図る公共チャーター運用の実現可能性を考える,

公共チャーター運用

対象飛行領域の輸送要請を随時受け航空機に指示する管制部により複数の航空機を運用する.

管制部は受けた輸送要請を順次最適の航空機に指示する.

各航空機は管制部の指示により2地点間輸送飛行を連続的に実施し, 飛行系を形成する.

そして複数の機体による飛行系群により対象飛行領域の輸送要請に対応する.

更に, 対応可能な輸送要請を限定しない非限定飛行系群を汎用輸送機により実現する運用が公共チャーター運用である.

組合せ運用

単一のVTOL機による非限定飛行系では
2地点間輸送で所用時間の要求が満た
せない場合

複数機種の新限定飛行系を利用して
長距離2地点間輸送要請に答える

単一VTOL機による非限定飛行系

----- V-22改修機

VTOL機2機, STOL機1機による
非限定飛行系群

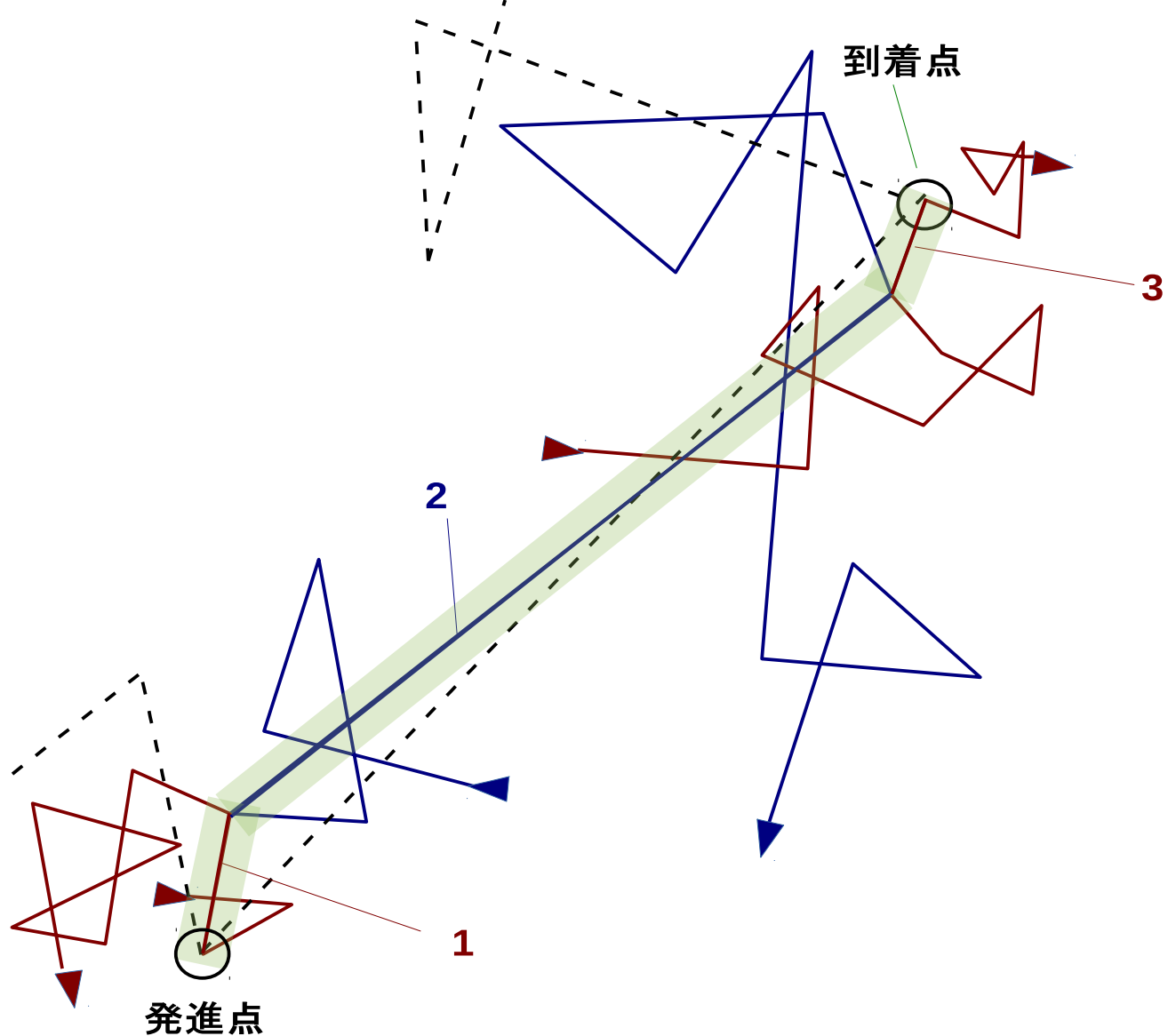
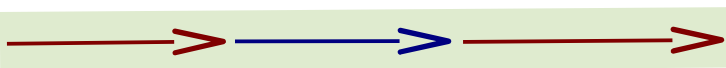
飛行系 1 ——— V-22改修機 No.1

飛行系 2 ——— C-1改修機

飛行系3 ——— V-22改修機 No.2



発進点から到達点に至る
飛行の組合せにより輸送
要請に応える。



運用生産性相対評価指数PEI-1a

公共チャーター運用による環境適合の達成度を測る尺度として運用生産性相対評価指数PEI-1aを用いる.

2つの運用 A, B の入力項目 $I_{A,i}$ ($i=1 \sim 6$), $I_{B,i}$ ($i=1 \sim 6$), 出力項目 $O_{A,i}$ ($i=1 \sim 5$), $O_{B,i}$ ($i=1 \sim 5$)により, 運用Bに対する運用Aの運用生産性相対評価指数PEI-1aは次の通り表される.

$$PEI-1a \equiv \frac{\prod_{i=1}^5 \frac{O_{A,i}}{O_{B,i}}}{\prod_{i=1}^6 \frac{I_{A,i}}{I_{B,i}}}$$

$$\prod_{i=1}^5 \frac{O_{A,i}}{O_{B,i}} = \frac{O_{A,1}}{O_{B,1}} \cdot \frac{O_{A,2}}{O_{B,2}} \cdot \dots \cdot \frac{O_{A,5}}{O_{B,5}}$$

$$\prod_{i=1}^6 \frac{I_{A,i}}{I_{B,i}} = \frac{I_{A,1}}{I_{B,1}} \cdot \frac{I_{A,2}}{I_{B,2}} \cdot \dots \cdot \frac{I_{A,6}}{I_{B,6}}$$

入出力項目

入出力項目は運用毎に全ての飛行を対象に算出され、次の通り構成される。

I_1 整備負荷量

I_2 燃料搭載指数

I_3 運行乗員能力

I_4 滑走距離指数

I_5 環境負荷量

I_6 待機時間

O_1 飛行距離指数

O_2 移動速度

O_3 搭載実現度

O_4 飛行実現度

O_1 移動均等度

運用生産性相対評価指数PEI-1aの詳細

判定値 1
確率 2/3 以上 1 以下
判定値 3

移動均等度 O_5
受動飛行系における各受動飛行の方向と距離の分布の均一性は地球規模の輸送対応性と相関がある。
各受動飛行の発進点から到着点への方位角を北を 0 度とする時計回りの角度 θ_{dk} で表し、方位角範囲群を次の通りに設定する。

$0^\circ \leq \theta_d < 30^\circ$	$\Delta\theta_{d,1}$	$180^\circ \leq \theta_d < 210^\circ$	$\Delta\theta_{d,7}$
$30^\circ \leq \theta_d < 60^\circ$	$\Delta\theta_{d,2}$	$210^\circ \leq \theta_d < 240^\circ$	$\Delta\theta_{d,8}$
$60^\circ \leq \theta_d < 90^\circ$	$\Delta\theta_{d,3}$	$240^\circ \leq \theta_d < 270^\circ$	$\Delta\theta_{d,9}$
$90^\circ \leq \theta_d < 120^\circ$	$\Delta\theta_{d,4}$	$270^\circ \leq \theta_d < 300^\circ$	$\Delta\theta_{d,10}$
$120^\circ \leq \theta_d < 150^\circ$	$\Delta\theta_{d,5}$	$300^\circ \leq \theta_d < 330^\circ$	$\Delta\theta_{d,11}$
$150^\circ \leq \theta_d < 180^\circ$	$\Delta\theta_{d,6}$	$330^\circ \leq \theta_d < 360^\circ$	$\Delta\theta_{d,12}$

そして、各方位角範囲に該当する受動飛行の数 $N_{\theta_d,i}$ ($i=1\sim 12$) の平均 $\overline{N_{\theta_d}}$ を次式で与える。

$$\overline{N_{\theta_d}} = \frac{\sum_i N_{\theta_d,i}}{12} \tag{44}$$

$\overline{N_{\theta_d}}$ を用いて標準偏差 σ_{θ_d} を次式で求める。

標準偏差 σ_{θ_d} , σ_l を用いて移動均等度 O_5 を次式で定義する。

$$O_5 = \frac{1}{\sigma_{\theta_d} \cdot \sigma_l} \tag{48}$$

以上定量化された入出力項目を用い、受動飛行系と選定航空機の組合せで決まる二つの運用 A,B について、運用 B に対する運用 A の生産性変化率を評価する運用生産性相対評価指数 PEI-1a を次式で定義する。

$$PEI-1a \equiv \frac{\prod_{i=1}^5 \frac{O_{A,i}}{O_{B,i}}}{\prod_{i=1}^6 \frac{I_{A,i}}{I_{B,i}}} \tag{49}$$

$$\prod_{i=1}^5 \frac{O_{A,i}}{O_{B,i}} = \frac{O_{A,1}}{O_{B,1}} \cdot \frac{O_{A,2}}{O_{B,2}} \cdot \dots \cdot \frac{O_{A,5}}{O_{B,5}} \tag{50}$$

$$\prod_{i=1}^6 \frac{I_{A,i}}{I_{B,i}} = \frac{I_{A,1}}{I_{B,1}} \cdot \frac{I_{A,2}}{I_{B,2}} \cdot \dots \cdot \frac{I_{A,6}}{I_{B,6}} \tag{51}$$

運用生産性相対評価指数PEI-1aの組合せ運用への適用

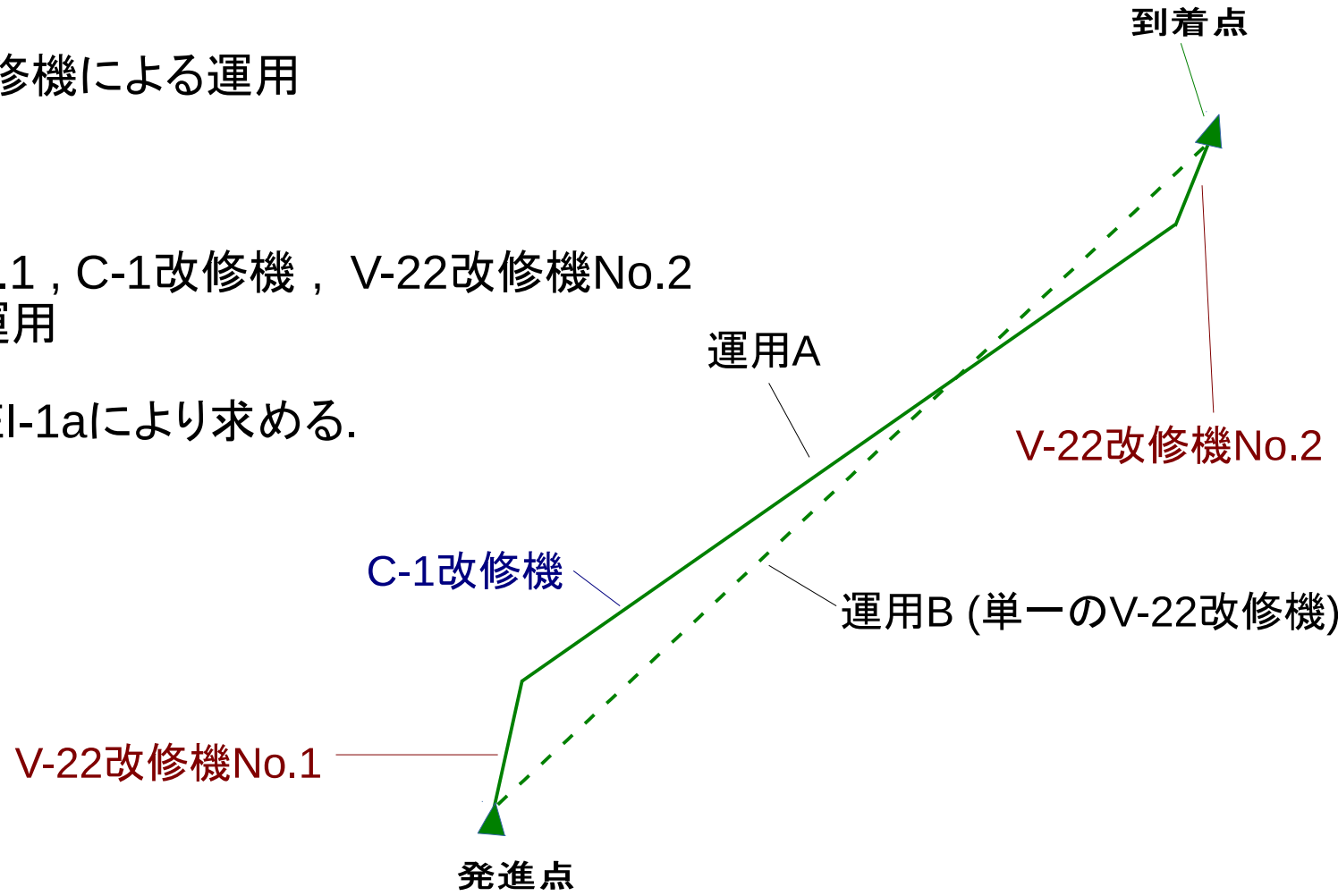
単一の2地点間長距離輸送について

運用B 単一のV-22改修機による運用

に対する

運用A V-22改修機No.1, C-1改修機, V-22改修機No.2
による組合せ運用

の相対的運用生産性をPEI-1aにより求める。



PEI-1aの計算

機体の設定

V-22改修機	分類	ロータークラフト
運用自重 W0 = 15032 (kg) 最大離陸重量 WT=27400 (kg)		
巡航速度 Vc =500 (km / h)		
エンジン基数 Ne =2		
離昇出力 PI =6150 (shp) 巡航出力 Pc =4000 (shp)		
離昇燃費率 GI =191 (g/shp/h) 巡航燃費率 Gc=220 (g/shp/h)		
離陸滑走距離 0 (m) 着陸滑走距離 0 (m)		
要求整備技量 GS =2 運行要員数 np=2 要求運行能力 OS =2		
機体難易度 ob=1 対物空調能力 AC =2 居住性 IH =2		

C-1改修機	分類	STOL機
運用自重 W0 = 18400 (kg) 最大離陸重量 WT=30960 (kg)		
巡航速度 Vc =844. 8 (km / h)		
エンジン基数 Ne =2		
離昇出力 PI =6100 (kgp) 巡航出力 Pc =1800 (kgp)		
離昇燃費率 GI =245. 5 (g/kgp/h) 巡航燃費率 Gc =333. (g/kgp/h)		
離陸滑走距離Lt' 670 (m) 着陸滑走距離Ld' 670 (m)		
要求整備技量 GS =2 運行要員数 np=2 要求運行能力 OS =2		
機体難易度 ob=0. 667 対物空調能力 AC =3 居住性 IH =3		

C-2改修機	分類	STOL機
運用自重 W0 = 48640 (kg) 最大離陸重量 WT=112800 (kg)		
巡航速度 Vc =890 (km / h)		
エンジン基数 Ne =2		
離昇出力 PI =27307. (kgp) 巡航出力 Pc =5139. (kgp)		
離昇燃費率 GI =329. (g/kgp/h) 巡航燃費率 Gc =600. (g/kgp/h)		
離陸滑走距離Lt' 670 (m) 着陸滑走距離Ld' 670 (m)		
要求整備技量 GS =2 運行要員数 np=3 要求運行能力 OS =2		
機体難易度 ob=0. 667 対物空調能力 AC =3 居住性 IH =3		

運用の設定と計算結果

運用 B の設定

飛行数 K =1

飛行番号 k=1 機体 V-22改修機

飛行設定
Wp, 1=500 (kg) vol, 1=0.2 (m3)
I, 1=3000 (km) θ d, 1=0 Tw, 1 = 0.5

機体諸元
cfA, 1=1.1 cfB, 1=0.7 cG, 1=1.6
cO, 1=1.6 o4, 1=1

運用A-1

運用A-2

運用B

V-22改修機No.1
500km

C-1改修機
2000km

V-22改修機No.2
500km

V-22改修機No.1
500km

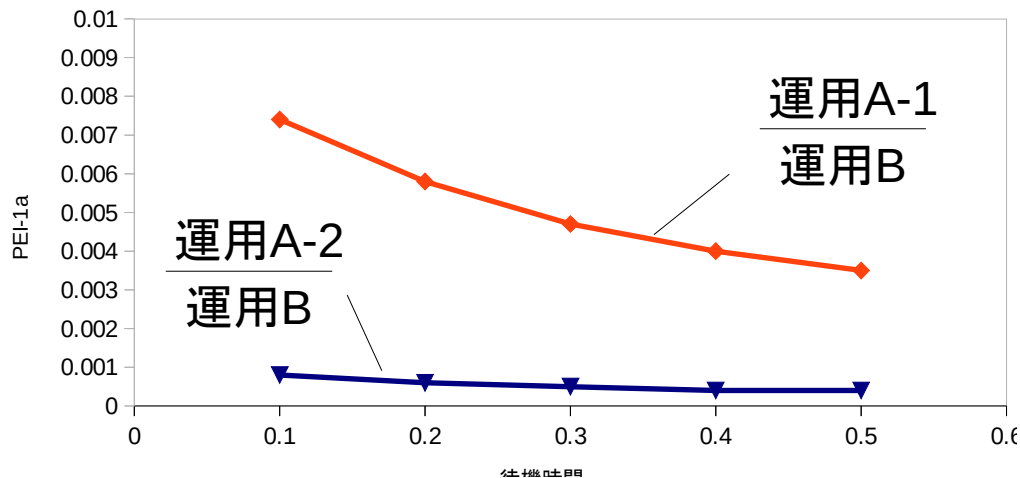
C-2改修機
2000km

V-22改修機No.2
500km

V-22改修機

3000km

PEI-1a — 待機時間 特性



運用 A-1 の設定

飛行数 K =3

飛行番号 k=1 機体 V-22改修機

飛行設定
Wp, 1=500 (kg) vol, 1=0.2 (m3)
I, 1=500 (km) θ d, 1=0 Tw, 1 = 0.5

機体諸元
cfA, 1=1.1 cfB, 1=0.7 cG, 1=1.6
cO, 1=1.6 o4, 1=1

飛行番号 k=2 機体 C-1改修機

飛行設定
Wp, 2=500 (kg) vol, 2=0.2 (m3) I, 2=2000 (km)
 θ d, 2=0 Tw, 2 = 0.5

機体諸元
cfA, 2=1.1 cfB, 2=0.7 cG, 2=1.6
cO, 2=1.6 o4, 2=1

飛行番号 k=3 機体 V-22改修機

飛行設定
Wp, 3=500 (kg) vol, 3=0.2 (m3) I, 3=500 (km)
 θ d, 3=0 Tw, 3 = 0.5

機体諸元
cfA, 3=1.1 cfB, 3=0.7 cG, 3=1.6
cO, 3=1.6 o4, 3=1

運用 A-2 の設定

飛行数 K =3

飛行番号 k=1 機体 V-22改修機

飛行設定
Wp, 1=500 (kg) vol, 1=0.2 (m3)
I, 1=500 (km) θ d, 1=0 Tw, 1 = 0.5

機体諸元
cfA, 1=1.1 cfB, 1=0.7 cG, 1=1.6
cO, 1=1.6 o4, 1=1

飛行番号 k=2 機体 C-2改修機

飛行設定
Wp, 2=500 (kg) vol, 2=0.2 (m3) I, 2=2000 (km)
 θ d, 2=0 Tw, 2 = 0.5

機体諸元
cfA, 2=1.1 cfB, 2=0.7 cG, 2=1.6
cO, 2=1.6 o4, 2=1

飛行番号 k=3 機体 V-22改修機

飛行設定
Wp, 3=500 (kg) vol, 3=0.2 (m3)
I, 3=500 (km) θ d, 3=0 Tw, 3 = 0.5

機体諸元
cfA, 3=1.1 cfB, 3=0.7 cG, 3=1.6
cO, 3=1.6 o4, 3=1

結論

3000kmの2地点間輸送について

運用B 単一のV-22改修機による飛行 に対する

運用A-1 V-22改修機 No.1 (500km) , C-1改修機 (2000km), V-22改修機 No.2(500km)
の飛行

及び

運用A-2 V-22改修機 No.1 (500km) , C-2改修機 (2000km), V-22改修機 No.2(500km)
の飛行

の運用生産性相対評価指数PEI-1aの計算結果を示した.

C-1改修機により高速化した運用A-1のPEI-1a は 1 を大きく下回り, C-2改修機により更に高速化した運用A-2のPEI-1aはさらに低下した.

数千kmに及ぶ2地点間輸送飛行をV-22改修機による場合より高速化し, 且つPEI-1aを向上させることは現用実用改修機によっては困難であると言えそうである.

今後の課題

航空機の公共チャーター運用による運用生産性を高め、災害対応、活性化地域の拡大等の環境適合による効果を得るためには、汎用輸送機の新規開発が必要であり、その実現性を高める要素技術であるエンジン翼の研究を継続していくことは重要である。