

ヘリコプターによる震災時の救援物資輸送に関する一考察

名古屋工業大学大学院 学生員 ○古橋 伸幸
 名古屋工業大学 正員 小池 則満
 名古屋工業大学 正員 山本 幸司

1. はじめに

阪神・淡路大震災では、鉄道・道路など陸上交通が混乱する中、点と点を結ぶ輸送手段であるヘリコプターは救援活動に大きく貢献した。そこで、国や自治体ではヘリコプター輸送を重視した防災計画の策定を新たに進めているが、ヘリコプターによる緊急物資輸送能力や必要となる施設配置に関する定量的評価方法は提案されていないのが現状である。そこで本研究では、名古屋市内の臨時ヘリポートの展開状況を分析した上で、震災時における緊急物資輸送の役割や問題点について考察する。

2. 名古屋市内の臨時ヘリポートの展開状況

名古屋市地域防災計画(平成8年度版)において、名古屋市の臨時ヘリポートは表-1のように設定されている。ここで充足率とは、各ブロックにおいて広域避難所の収容人数を避難人口で割った値(%)であり、値が低い場合、阪神・淡路大震災時に見られたように避難民であふれ、離着陸できないヘリポートもでてくると考えられる。また、救援物資の各方面別輸送拠点として市内6カ所のうち、志段味スポーツランド、戸田川緑地を除く、平和公園、稲栄・稲栄東公園、庄内緑地、大高緑地の4カ所ではヘリコプターが離着陸可能である。これらは、救援物資輸送の重要な拠点として、また時間が経つにつれ物資貯蔵基地としての役割も果たすことになろう。

3. 救援物資輸送の定式化

阪神・淡路大震災を参考にして、昼間人口、夜間人口をもとに各ヘリポートへの

表-1 名古屋市の臨時ヘリポート

区	夜間人口 /ヘリポート	昼間人口 /ヘリポート	名称	機種別	面積	避難所	充足率
千種区	31,096	43,632	千種公園	A	8	1	124
			猪ヶ洞池畔	B	998	1	384
			千代田橋緑地	A	34	1	227
			小原橋緑地	B	26	0	0
東区	22,797	41,597	大幸公園	B	7	0	0
			千代田橋緑地	B	35	1	227
			矢田川橋緑地	B	7	1	227
北区	42,937	37,011	名城公園	C	15	1	110
			水分橋緑地	C	99	1	310
			天神橋緑地	B	37	1	227
			矢田川橋緑地	B	19	1	227
西区	47,014	51,456	押切公園	C	10	0	0
			庄内緑地	B	428	1	194
			洗堰緑地	B	17	1	698
中村区	48,643	83,991	稲葉地公園	C	8	1	194
			大正橋緑地	A	11	1	194
			枇杷島橋緑地	A	72	0	0
中区	65,117	333,519	白川公園	B	10	1	110
			鶴舞公園	B	13	1	107
昭和区	53,241	62,754	吹上公園	B	8	1	107
			瑞穂運動場	C	12	1	107
瑞穂区	55,495	58,668	天白川緑地	A	25	1	109
			神宮公園	B	7	0	0
熱田区	21,859	33,305	神宮東公園	B	32	1	114
			〃	B	28	1	114
			松葉公園	C	7	1	115
中川区	49,905	44,551	東流庄内川左岸	A	10	0	0
			荒子公園	B	7	1	115
			万場大橋緑地	B	11	1	115
			土古公園	B	8	1	99
港区	49,300	56,145	稲永公園	A	342	1	922
			稲永東公園	B	112	1	922
			呼続公園	C	7	1	109
南区	79,650	77,276	道徳公園	C	8	0	0
			〃	C	8	0	0
守山区	14,465	11,836	小橋緑地グランド	C	11	1	565
			小橋緑地北駐車場	C	1	0	565
			名古屋市消防学校	B	54	0	0
			天神橋緑地	C	90	1	227
			矢田川橋緑地	C	105	1	227
			〃	B	10	1	227
			宮前橋緑地	B	15	0	0
			千代田橋緑地	B	37	1	227
			小原橋緑地	B	37	0	0
			松川橋緑地	A	16	0	227
			緑区	59,564	44,999	緑高等学校	C
名東区	151,853	120,304	大高緑地	B	22	1	333
			滝の水公園	D	〃	1	333
天白区	26,837	22,972	牧野ヶ池緑地	C	1023	1	1199
			天白中学校	C	28	0	0
			天白川緑地	C	10	1	109
			〃	B	29	1	109
			天白川緑地	B	23	1	109
			天白高等学校	D	〃	0	0

注) 表-1において

昼間・夜間人口：平成8年度10月1日現在の人口

機種別：離着陸可能機種で、A=大型機 B=中型機 C=小型機

避難所：1=広域避難所である 0=広域避難所でない

必要物資量を決め、各空港から各ヘリポートへの物資輸送時間の合計の最小値を求める。

ここに、 i : 緊急物資の供給側空港、もしくは中継ヘリポート番号

j : 緊急物資の受け入れ側臨時ヘリポート、もしくは中継ヘリポート番号

X_{ij} : i から j への物資輸送量 B_{ij} : i から j への距離

(1) 必要物資量 (D_j)

阪神・淡路大震災時に神戸市の避難者率が平均 15% だったこと、またヘリコプターによる輸送の多くが食料輸送だったことを踏まえ、物資必要量を算出する。一人一日あたりの物資必要量を 1.5 kg とし、必要物資の 1/3 がヘリ輸送、2/3 が備蓄物資の陸上輸送と仮定すると、

$$\text{各ヘリポートにおける必要物資量 } (D_j) = \begin{cases} \text{昼間人口} \times 0.15 \times 1.5 \times 1/3 \text{ (kg)} \\ \text{夜間人口} \times 0.15 \times 1.5 \times 1/3 \text{ (kg)} \end{cases}$$

(2) 各ヘリポートの割り増し時間 (C_j)

各ヘリポートの特徴などを踏まえて、離着陸時間、物資の積み卸し時間を算出する。特に臨時ヘリポートが広域避難所と兼用となっている所は、充足率も考慮する。

$$C_j = \frac{A_j}{50000} + \frac{10}{\text{充足率}} + 0.1 \quad \dots \dots \textcircled{1}$$

(3) ヘリコプターの速度 (V_{ij})

ヘリコプターの平均速度は移動距離 (B_{ij}) によって変わってくる。ここでは、重量物の輸送であることを考慮し、負傷者搬送時のヘリコプター速度データの 8 割をヘリコプターの平均速度 (km/h) として設定する。

$$V_{ij} = 0.8 \times \frac{1}{-0.00002B_{ij} + 0.00676} \quad (\text{km/h}) \quad \dots \dots \textcircled{2}$$

(4) 1 回分の輸送量 (A_j)

ヘリコプターによる 1 往復分の輸送量 (A_j) として、ヘリポート j での離着陸可能機 (表-1) の最大積載量を用いる。なお、機種は愛知県地域防災計画による想定機を参考に、大型機 : 2,200 (kg)、中型機 : 1,100 (kg)、小型機 : 300 (kg) とする。

(5) 目的関数 (F)

目的関数を総輸送時間 (F) とし、この値を最小とする X_{ij} を計算する。

$$F = \sum \sum X_{ij} \times E_{ij} \Rightarrow \min \quad \dots \dots \textcircled{3} \quad \text{ただし、} \quad E_{ij} = \frac{2B_{ij} + C_j V_{ij}}{A_j V_{ij}} \quad \text{である。}$$

(6) 制約条件

輸送回数である X_{ij}/A_j が整数となるようにする。また、各空港からの物資供給量を制約条件として加える。

(7) 計算結果

表-2 は、中継地点を持たない場合の計算結果の一例である。これを見ると夜間と比べて昼間は、総輸送時間で 111%、総輸送回数で 105%、多くなっていることがわかる。

表-2 計算結果

人口	必要物資量 (kg)	中部国際空港の供給可能量 (kg)	小牧空港の供給可能量 (kg)	F	総輸送回数	中継地点
夜間人口	158688	90000	90000	163.60	310	なし
昼間人口	188979	100000	100000	181.96	324	なし

4. おわりに

阪神・淡路大震災を参考に、名古屋市のヘリコプターによる救援物資の輸送計画を線形計画法によって定式化した。計算結果の詳細とその考察は講演時に述べる。