海上保安庁の警備・救難システムに関する評価モデルの作成

（指導教官　大山達雄助教授）　　埼玉大学大学院政策科学研究科　松　田　不二夫

1.　研究の目的

近年，国際的な新海洋秩序の形成が進み，各沿岸国は自国の海洋管轄権の確立をめざしている．わが国では，海上保安庁がそれに対応しており，広域哨戒体制，海洋情報システムの確立が急務とされている．しかしながら，国際的な経済不況に加え，わが国では大幅な財政赤字により極力財政負担をおさえる必要から，より一層効率的な資源の配備，運用が望まれているが，現在までのところ，この分野の研究はほとんどなされていない．本研究では海上保安庁の最適警備・救難システムを構築するうえで何らかの有効な情報を与えるためのモデルの作成を試み，今後の研究に1つの方向を示すことを目的とする．

2.　モデルの定式化

2.1　前提条件

(a)各配備船艇は，すべて同一能力をもつ．(b)一船のカバーできる海域は，その船の速力と，目標とする現場到着時間により決定される．(c)同時に2つ以上の海難がおこる場合は考えない．(d)救難作業は一船で完結する．(e)哨戒海域をいくつかに分割しその小海域を1点で代表させる．(f)巡視船を配備する地点は，各小海域の代表点のいずれかとする．以上の前提条件により図1の海域を対象とした場合，各小海域を点で代表させ，一船のカバーできる小海域を枝で結んで得られる図2のグラフがモデルとなる．

2.2　問題の設定と定式化

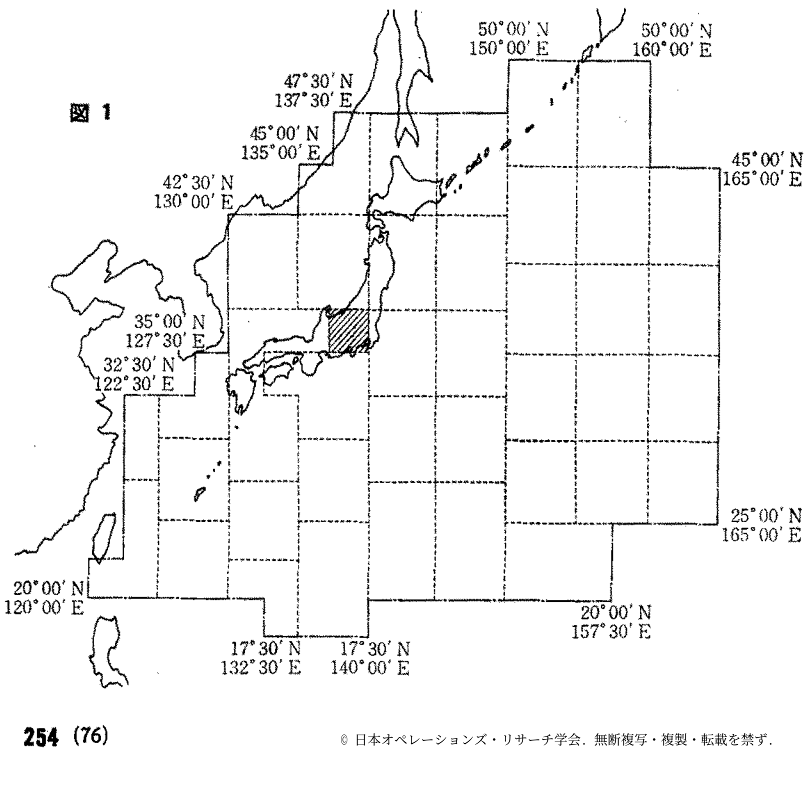
i）問題P1：ある海域に対する救難即応体制をとる場合に巡視船を定点に配備するならば，最低何隻をどこの代表点に配備すれば，ある一定時間内に，その海域内のすべての場所に到達できる体制がとれるであろうか．この問題は次のように定式化される．

$$\min.\ \sum_{j\in N} x_j$$
$$\text{sub. to}\ \sum_{j\in N} a_{ij}x_j \geqq 1 \quad i\in N$$
$$x_j\in\{1,0\} \quad j\in N$$

ここで，小海域jに巡視船を配備する時$x_j=1$，配備しない時$x_j=0$とする．またa_{ij}は，小海域iがjに配備された巡視船によりカバーされる時$a_{ij}=1$そうでない時$a_{ij}=0$とする．$N=\{1,\cdots,n\}$は，小海域の代表点の集合を表わしている．

一般に問題P1は集合被覆問題と呼ばれるが，グラフ理論上，図2のように表わされたグラフの最小支配集合を求める問題となる．したがって，できるだけ多くの巡視船をお互いのカバーする小海域が重なり合わないように配備するという，グラフの

図 1



最大独立集合を求める問題とも密接な関連を有する．

次に各小海域に巡視船が配備された時の負荷量（要救助海難件数に相当）を考慮したうえで以下のような問題を設定する．

ii）問題P2：P1の最適解の中で，全体としての負荷量を最大にするには，どのような配備をすればよいだろうか．

$$\begin{aligned}
&\max. \sum_{j\in N} c_j x_j \\
&\quad \text{sub. to} \sum_{j\in N} a_{ij} x_j \geq 1 \qquad i\in N \\
&\qquad\qquad \sum_{j\in N} x_j \quad \leq K \\
&\qquad\qquad\quad x_j \in \{0,1\} \qquad j\in N
\end{aligned}$$

ここで，c_jは小海域jの負荷量，KはP1の最適解の目的関数値である．

iii）問題P3：P1の最適解の中で，配備船艇間の負荷量の分散を最小にするには，どういう配備を行なえばよいだろうか．

$$\begin{aligned}
&\min. \sum_{S\in s}\sum_{i\in S}\sum_{j\in N} a_{ij}(y_j-\bar{y}_i)^2 \\
&\quad \bar{y}_i=\sum_{j\in \Gamma_i} c_j/|\Gamma_i|,\ \Gamma_i=\{j|a_{ij}=1,\ j\in N\}
\end{aligned}$$

ここで，$S=\{j|\mathrm{P1}$の最適解において$x_j=1\}$，sはSの集合族である．

3. 使用データ

対象海域を図1のように設定し，40の小海域に分ける．各々の代表点は，ほぼその中心にとるが，それが陸上に位置する場合は，近くの海岸線とする．一船のカバーできる領域Rを決定する際，次の2条件を考慮する．①現場到着時間(24時間以内)，②船の速力（一船型のみ使用した場合および三船型を使用した場合の2通り）を考える．a_{ij}を求めるには，各代表点間の距離にRを考慮して決定する．その距離は，漸長図上の距離とし，航法計算を行なう．以下にその算式を示す．

i）距等圏航法　Dist.＝D. Long×cos Lat.

ii）漸長緯度航法　Dist.＝D. Lat×secθ，$\tan\theta$＝D. Long/M. D. Lat

iii）漸長緯度　$M=a\log\tan(\pi/4+\varphi/2)-a\cdot e/2)(\log(1+e\sin\varphi)/(1-e\sin\varphi))$

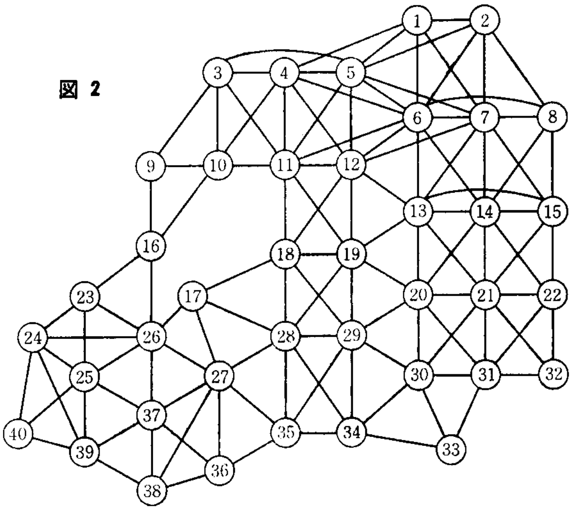
ここで，Dist.：2地点間の距離，Lat.(またはφ)：緯度，D. Lat：変緯，D. Long：変経，e（離心率）$=1-b^2/a^2$，a：赤道半径，b：極半径(定数a，bはBesselの値を使用）である．

各小海域の負荷量は，同海域における昭和47年1月から昭和56年6月までの20海里以遠における要救助海難発生件数を用いた．

4. 解　法

P1，P2については，整数計画問題として，分枝限定法を用いて解き，P3については，樹探索法（tree search method)を用いて解くことにする．

図 2



5. 計算結果

i）問題P1：①同一船型船を用いた場合（R：半径480海里の円)．配備隻数6隻（配備位置，図2上，7，10，25，28，31，37)．②三船型を用いた場合（ただし，A：距岸500海里以上に配備(R：半径480海里の円)，B：距岸100～500海里に配備（R：半径380海里の円)，C：距岸0～100海里に配備（R：半径380海里の円))，配備隻数7隻(配備位置，図2上，A：7，31，B：23，27，29，39，C：3)．

ii 問題P2：①配備位置7，10，25，28，31，37，②配備位置，A：3，B：7，18，23，39，C：31，35

iii）問題P3：①配備位置7，10，24，28，31，37，②配備位置P2の②に同じ．

むすび

問題P1を解くことにより，必要な配備隻数が得られるが，配備方法は複数存在する．そこで，さらに問題P2，問題P3と問題の設定を変えて解くことにより，配備方法が決定される．

昭和57年度予算の概算要求の中で，海上保安庁は，広域哨戒体制を敷くために，ヘリコプター搭載型巡視船13隻(うち大型2隻)が必要であるとしている．これは，今まで述べてきた中で，同一船型船を用いた場合に相当する．上述のP1，P2，P3の問題にもとづくモデル分析で得られた結果に，同庁の巡視船の稼動率を考慮すると，ほぼ最低限10隻必要であるというのが，海難救助だけを考えた場合の結論である．