The Japanese Association of Management Accounting

日本管理会計学会誌
管理会計学 第2巻第1号
1993年春季号

論　文

多期間ALMモデルによる銀行のリスク管理

枇々木 規雄*
福川　 忠昭†

〈論文要旨〉

自由金利による調達の増加やBIS（国際決済銀行）による自己資本比率規制などの金融の自由化・国際化の影響は日本の銀行の経営環境を大きく変えようとしている．そのため，金利変動リスクなどの財務リスクは増大し，そのリスク管理がますます重要になってきている．本論文では銀行のリスク管理手法であるALM（資産負債管理）の考え方を用いた数理計画モデル（目標計画法によるモデル）を扱った枇々木・福川の目標計画モデルを多期間モデルへ拡張したALMモデルを提案する．多期間モデルは，従来のモデルがトレード・オフの関係にあるリスクと利益を関連させたリスク管理のモデル化である特徴に加えて，将来に渡って計画的に資産や負債をコントロールできるような情報を得ることができるのでリスクを管理する際の経営計画の作成に役立たせることができるという特徴を持っている．モデルを解く方法論としては，リスクと利益という多目標を取り扱うことができる目標計画法を用いる．そして，モデルの特徴や定式化を通してモデルの有用性を明らかにしていく．

〈キーワード〉

資産負債管理，銀行経営，リスク管理，目標計画法，トレード・オフ，金利ギャップ

1. はじめに

1980年代に入ってから，日本の銀行は金融の自由化・国際化によって経営環境が大きく変化した．MMC・大口定期預金などの自由金利による調達の増加，BIS(国際決済銀行)に

1992年12月受付
1993年4月受理
* 慶應義塾大学助手（理工学部管理工学科）
† 慶應義塾大学教授（理工学部管理工学科）

NII-Electronic Library Service

The Japanese Association of Management Accounting

よる自己資本比率規制，先物・オプション市場の創設などの金融環境が大きく変化したにもかかわらず，日本の銀行は好調に利益を上げ続けた．これは，規制金利よりも自由金利の方が金利が高く調達コストが上昇したものの，空前の金利低下によって短期調達・長期運用の構造を持つ銀行は利益をあげることができたからである．また，財テクブームに支えられて株価は一本調子に上がり続けたため（1987年10月19日の大暴落で一時は下がったが，その後も上がり続けた)，株式発行が容易にできたこと，それに加えて株式の含み益が増えたことにより，心配されていた自己資本比率も基準の8%を楽々越えることができた．そのため金融の自由化・国際化によって利益が変動しやすくなり，通常はリスク管理の重要性が増してくるにもかかわらず，実際にはリスクが全く顕在化してこなかった．しかしながら，1990年に入ると一転して金利は上昇し，株価も低迷し始めた．調達コストが急増し，銀行の利益は急落した．また，株式の含み益も減り，自己資本比率も8%を割る銀行も多くなってきた．株価が低迷し，株式発行により自己資本を増やすことができないため，銀行は本格的に資産を縮小する（またはこれ以上増やさない)ことにより，自己資本比率を8%以上に保つこと，また金利変動リスクを管理し利益を安定させていく必要があるなど，銀行にとっては非常に厳しい経営をせまられてきた．

枇々木・福川 [6]は，このような銀行の置かれている状況を整理し，数理計画モデルによるアプローチを試みている．銀行のリスク管理に有効なALMの考え方を利用し，資産や負債をうまくコントロールすることで金利変動リスクや利益に対する目標，流動性リスク，自己資本比率，預金準備率に対する制約を達成させようとするものである．

ところで銀行の財務計画問題は数理計画モデルとして様々なモデル化がおこなわれている．

線形計画モデルとしては，Booth & Koeves [10]がヘッジングのリスク管理戦略により期待収益を最大化する線形計画モデルを，Booth, Bessler & Foote [13, 14] は各シナリオ及び期間毎の利益と利益目標との差異の和を最小化する多期間線形計画モデルを，Brodt [13, 14]はMarkowitzのポートフォリオ理論に基づき，利益の平均絶対偏差（MAD）を最小化する多期間線形計画モデル（MIN-MAD MODEL）を開発した．また，1目標ではなく多目標の達成を目指すモデル化も行われている．Booth & Bessler [12] は利益と金利リスクの2つを目標とする目標線形計画モデル（予測モデルとデュレーションモデルの2つ）を，Giokas & Vassiloglou [15]は総収益，自己資本比率，流動性比率，預金高，貸付高を目標とし，ギリシャ商業銀行における多目標線形計画モデルを，Korhonen [16]は，将来の多期間にわたってシナリオを想定し，期待利益，リスク，流動性，資本の充実性などを目標とする多目標線形計画モデルを開発した．そして，非線形モデルとしては，Langen [18]が

NII-Electronic Library Service

The Japanese Association of Management Accounting

金利リスク，信用リスク，為替リスクなどを取り扱う多目的計画モデルを，**Tayi & Leonard** [19]は，利益，資本充実度，リスクアセットを目標とする多目的計画モデルを開発した．この他に，**Kusy & Ziemba** [17]はキャッシュ・フロー，調達コスト，投資収益率の不確実性を考慮した多期間確率線形計画モデル (単純リコースモデル) を開発した．

本論文では今までの研究では取り扱われていない有効な銀行のリスク管理手法であるALMの考え方を用いた数理計画モデル (目標計画法によるモデル) を扱った枇々木，福川 [6]の多期間モデルへの拡張を試みる．第2章において，1期間モデルとは異なる多期間モデルの特徴について述べ，第3章においては，利益とリスクという多目標を取り扱うことができ，しかもそのトレード・オフの関係をうまく表現できる数理計画法の1つである目標計画法によるモデルの定式化を試みる．定式化は1期間モデルと似ているが，実際の取り扱いは複雑になっている．このモデルに関する数値例は，枇々木・福川 [7]にて詳しく記述しているので，参照されたい．そして，モデルの特徴や定式化から多期間に拡張することによるモデルの有用性を明らかにする．

2. 多期間ALMモデルの特徴

2.1 1期間から多期間モデルへ

枇々木・福川 [6]の1期間モデルは，当面の1計画期間である1週間とか1カ月毎に銀行の有するリスク水準を計測し，その都度その期間内における最適方策を得て，それを銀行業務の中に利用していくというモデルである．そして，その計画期間経過後には，再びこのモデルを利用して次の計画期間内で採るべき最適方策を見いだしていくというように何度も繰り返して利用するという使い方を前提にしている．

それに対して，多期間モデルは当面採るべき方策だけでなく，将来の複数の計画期間においてどのような最適方策を行うべきかということも現在の時点で決定しようというモデルである．すなわち，簡単にいえば1期間モデルの繰り返しを現在の時点ですべて行うということもできるモデルである．ただし，1期間モデルの繰り返しは将来のある期間における方策が，その期の方策を何ら考慮せずに決められたそれ以前の期の方策に制約されて決めなければならないのに対し，多期間モデルは将来の方策もそれ以前の期の方策も同時に決定されるので，将来のある期の方策に対して，それ以前の期の方策が良い影響を与えるように決めることができるという違いがある．

なお，その時点で行えるリスクの管理に合わせて将来の時間経過を適当な期間に区分して管理をするのは，1期間モデルも多期間モデルも同様である．

NII-Electronic Library Service

The Japanese Association of Management Accounting

1期間モデルと多期間モデル[1]の違いを示すなら図1のようになる.

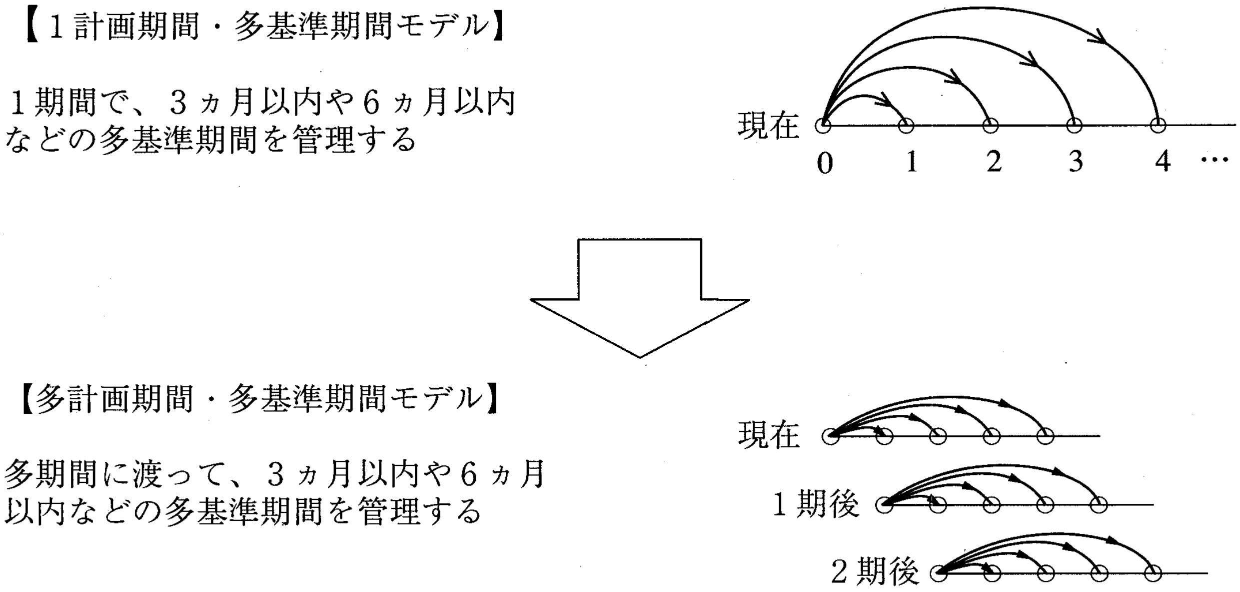

図1　1計画期間から多計画期間モデルへ

この図1から分かるように，1期間モデルは1期間で3カ月以内や6カ月以内などの多基準期間を管理し，時間の経過とともに見直していくのに対し，多期間モデルは計画期間初期の段階で，多期間に渡って3カ月以内や6カ月以内などの多基準期間を管理するように決めることになる.

2.2　多期間モデルの概要

本論文の多期間モデルは，流動性リスク，金利変動リスク，信用リスク，またこれらのリスクとトレード・オフの関係にある利益を多期間に渡って同時に管理することを試みている．また，このモデルを解く方法論としては，これらのトレード・オフの関係をうまく表現できて，解くことのできる目標計画法 [8，9]を利用している．この目標計画法を利用すると，銀行の経営政策や銀行が置かれている業務環境ならびに法律上の制約の下で，これらのリスクと利益に対する銀行の目標をできるだけ達成できる最適な方策 (例えば，預金をどのくらい集めるかや貸付をどのくらい行うかなど) を見いだすことができる.

多期間モデルの概要は，次の図2のように表すことができる.

1) 多期間モデルは厳密に言うと，多計画期間・多基準期間モデルである．これは，複数の計画期間における最適方策を各々の時点でリスクを管理すべき基準期間を考慮して決めるモデルである.

NII-Electronic Library Service

The Japanese Association of Management Accounting

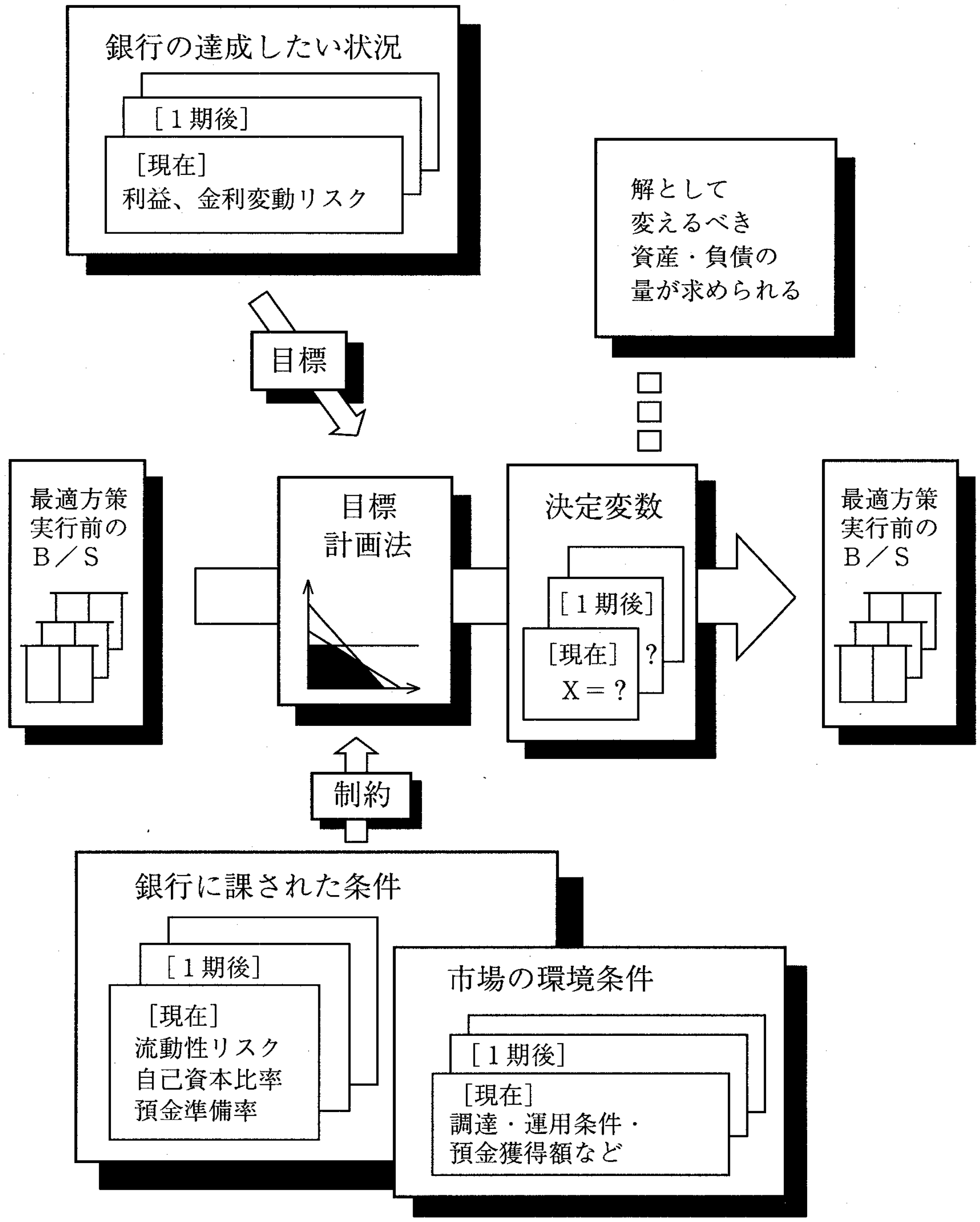

図2　多期間モデルの概要

2.3　多期間モデルの特徴

多期間モデルの期間を複数期間ではなく，1期間と考えれば，1期間モデルは多期間モデルの1つのケースと考えることができるが，2.1でも示したように1期間モデルと多期間モデルでは使い方や特徴が異なる．多期間モデルの特徴を示すと次の5つを挙げることができる．

(1)　中長期経営計画のサポートができる．

計画期間が将来の複数に渡っているので，現在行うべき方策だけでなく，将来行うべき方策も得ることができる．つまり，将来に渡って計画的に資産，負債をコントロールでき

NII-Electronic Library Service

The Japanese Association of Management Accounting

るような情報を得ることができ，銀行がリスクを管理する際の経営計画の作成に役立たせることができる.

これは，多期間モデルが，将来の金利変動リスクや流動性リスクなどを考慮して意思決定を行っている1期間モデルに加えて，将来に渡っての意思決定も反映した形で方策を立てることができるからである.

また，銀行は想定される様々な将来の状況に合わせてモデルに用いられるパラメータを変えて問題を解くことにより，意思決定に有用な多くの情報を得ることが可能になる.

(2) 金利変動リスクを多期間に渡って管理できる.

金利変動リスクを管理するために，金利ギャップを利用したリスク指標[4]を用いている.このリスク指標は，金利がこの後すぐに(一回)変動したときの将来の利益に与える影響を表している. 従って，多期間にすることによって，一回の金利変動に対する影響だけでなく，予想される多数回の変動の影響を管理することができる.

(3) 継続しない(満期でやめる)ことが可能になる.

1期間モデルでは，例えば3カ月後に満期を迎えるCDは同じCDで継続することを前提としてモデル化している. これはモデルが現在の時点の方策しかコントロールできない1期間のモデルであるためである. 多期間モデルは，例えば3カ月後の方策も決めることができるので，3カ月後に満期を迎えるCDをその時点で継続しないという取り扱いもできる.つまり，1期間モデルが将来に満期を迎えるものは(予定の取引継続率分の金額は)継続を前提にして最適解を求めているのに対し，多期間モデルは継続・非継続のどちらも考慮して最適解を求めることを可能にしている.

(4) 戦略的な金利変動リスク管理のシナリオ性が向上する.

例えば“3カ月後には金利が上昇し，6カ月後には金利が下降する”というように予想する金利方向が一方向でない状況の場合には，1期間モデルでは対応することに無理があった. しかしながら，多期間モデルでは前述の“継続しない”ことも可能になるため，このような金利予想に柔軟に対応することができるようになり，1期間モデルに比べ，戦略的な金利変動リスク管理のシナリオ性が向上する.

(5) 期間を含めた複合商品でリスク管理が可能になる.

例えば，1期間モデルで9カ月後のリスクを管理することを考えてみよう. しかし，このような場合には期間が9カ月の商品が存在しなければリスクを管理することができない.つまり，1期間モデルでは管理したい期間に合致した満期期間の商品がある場合にそれを使ってその期間のリスクを管理することができるのである. これに対して，多期間モデルでは9カ月後のリスクを管理する場合に，例えば3カ月後に期間が6カ月の商品，または6

NII-Electronic Library Service

The Japanese Association of Management Accounting

カ月後に期間が3カ月の商品（期間を含めた複合商品）でリスクを管理することが可能になる．

3. 多期間ALMモデルの定式化

第2章で述べてきたモデルの特徴をうまく表現できるモデル化を試みる．モデルの中で利用している流動性リスク指標や金利変動リスク指標などの計測の方法については，各々で簡単に触れるが，詳しくは枇々木・福川[4, 6]を参照されたい．なお，モデルの定式化は3.4～3.8で行うが，そこで用いられる記号を3.1～3.3でまとめて記すことにする．

3.1 添字ルールの説明

添字は記号が持つ意味を明確にするために付けるもので，次のようなことを表す．

(1) 上付添字

s： 資産または資産勘定 A かあるいは，負債または負債勘定 L を表す． $s \in \{A, L\}$

b： オン・バランス勘定 N かあるいは，オフ・バランス勘定 F を表す． $b \in \{N, F\}$

sb： 上記の s と b を組み合わせた勘定を表す． $sb \in \{AN, LN, AF, LF\}$

(2) 下付添字

i： sb 毎の勘定科目の番号を表す． $i = 1, \ldots, m, \quad m \in \{m_1, m_2, m_3, m_4\}$

(m_1: 資産の科目数，m_2: 負債の科目数，m_3: 資産勘定の科目数，m_4: 負債勘定の科目数)

なお，各々の勘定群に含まれる勘定科目を示す場合には，添え字として i_p ($p = 1, 2, 3, 4$) を用いる．

t： 基準期間を表す（以降 t の添え字がある場合，“t 期以内”ということを表すものとする）．

k： 計画期間を表す（以降 k の添え字がある場合，“k 期における”，または“第 k 期から数えて”ということを表すものとする）．

v： 現在から数えた期間を表す(以降 v の添え字がある場合，“v 期の”，または“v 期に満期(金利改訂)がくる”ということを表すものとする)．

j, h： 資産側，負債側の金利体系の番号を表す． $j = 1, \ldots, n, \quad h = 1, \ldots, n$

3.2 変数の設定

モデルの定式化の中で用いられる変数は，次の4種類である．なお，記述の煩雑さを避

NII-Electronic Library Service

The Japanese Association of Management Accounting

けるために，添字の t, k, v については前述の意味であって説明を略する (3.3のパラメータの説明についても同様である).

(1) 決定変数 (最適な方策を表す変数):

x^{sb}_{i,k,u_i} : 満期の期間が u_i の i 勘定科目の増加額 (x_k を定式化の中での省略形とする)

y^{sb}_{i,k,u_i} : 満期の期間が u_i の i 勘定科目の減少額 (y_k を定式化の中での省略形とする)

(2) 差異変数 (目標からのずれを表す変数)

$d^+_{1,k}$, $d^-_{1,k}$: 利益に関する目標制約式の差異変数

$d^+_{2,k,t}$, $d^-_{2,k,t}$: 金利変動リスクに関する目標制約式の差異変数

$d^+_{3,j,k,t}$, $d^-_{3,j,k,t}$: 金利体系 j の戦略的な金利変動リスク管理に関する目標制約式の差異変数

(3) バランス・シート変数

$B^{sb}_{i,k,t}(x_k, y_k)$: 満期 (または金利改訂) がくる sb の i 勘定科目のポジション

$Q^{sb}_{i,k,t}(x_k, y_k)$: 満期がくる sb の i 勘定科目の流動性リスクに係わるポジション (満期がくるポジション). 以降，流動性ポジションと呼ぶ.

$I^{sb}_{i,k,t}(x_k, y_k)$: 満期 (または金利改訂) がくる sb の i 勘定科目の金利変動リスクに係わるポジション (金利感応的なポジション). 以降，金利変動ポジションと呼ぶ.

(4) 補助変数 (式の意味を明らかにするのに間接的に必要で，補助的な役割を果たす変数)

$G^s_{j,k,t}$: 金利体系 j の s 側の金利ギャップ

$H_{j,h,k,t}$: 金利体系 j の資産側と金利体系 h の負債側の組み合わせ量

$KH_{k,t}$: 金利変動リスク指標

$G_{j,k,t}$: 金利体系 j の金利ギャップ

RT_k : 利益

$LG_{k,t}$: 流動性リスク指標

$CG_{k,t}$: 累積ギャップ

$LD_{k,t}$: 流動化が可能な長期債権及び有価証券の合計額

CR_k : 自己資本比率 (リスク・アセット・レシオ)

NP_k : 自己資本額

RA_k : リスク・アセットの合計

DR_k : 預金準備率 (現金/預金額)

CS_k : 現金の合計額

DP_k : 預金の合計額

NII-Electronic Library Service

The Japanese Association of Management Accounting

3.3 パラメータ及びその他の記号の設定

モデルの定式化において必要な2種類のデータに対応するパラメータ及び定式化を分かりやすくするための記号を次のように設定する.

(1) 政策的に設定するパラメータ

各々の銀行が過去の経験やデータ及びそれらを基に将来を予想して，銀行自らが政策的に設定するパラメータを次のように表す.

$S_{1,k}$： 利益に関する目標制約式における満足レベルの値

$S_{2,k,t}$： 金利変動リスクに関する目標制約式における満足レベルの値

$S_{3,j,k,t}$： 金利体系 j の戦略的な金利変動リスク管理に関する目標制約式における満足レベルの値

$\lambda_{1,k}$： 利益に関する目標制約式における必要レベルと満足レベルの値の差

$\lambda_{2,k,t}$： 金利変動リスクに関する目標制約式における必要レベルと満足レベルの値の差

$\lambda_{3,j,k,t}$： 金利体系 j の戦略的な金利変動リスク管理に関する目標制約式における必要レベルと満足レベルの値の差

$w^{+}_{1,k}$, $w^{-}_{1,k}$： 利益に関する目的関数におけるウェイトの値

$w^{+}_{2,k,t}$, $w^{-}_{2,k,t}$： 金利変動リスクに関する目的関数におけるウェイトの値

$w^{+}_{3,j,k,t}$, $w^{-}_{3,j,k,t}$：金利体系 j の戦略的な金利変動リスク管理に関する目的関数におけるウェイトの値

$JI_{1,k,t}$：流動性リスク指標の上限値

$JI_{2,k}$： 自己資本比率の下限比率

$JI_{3,k}$： 預金準備率(現金/預金額)の下限比率

(2) 過去のデータ及び所与のデータにより設定するパラメータ

過去のデータ及び市場の環境や制度上与えられたデータを利用して設定するパラメータを次のように表す.

$C^{sN}_{i,v}$： オン・バランス勘定 s の i 勘定科目の取引継続率

$E^{sN}_{i,v}$： オン・バランス勘定 s の i 勘定科目の新規取引量

$Y^{AN}_{i_1,v}$： 資産の i_1 勘定科目の流動化可能率

$X^{LF}_{i_4,v}$： 負債勘定の i_4 勘定科目のリスク算定率

$K_{j,h,k,t}$： 金利体系 j の資産側と金利体系 h の負債側の組み合わせの悪さの度合を示す係数

u_i： i 勘定科目の満期期間

$M^{sb}_{i,v}$： sb の i 勘定科目の金利弾性値

NII-Electronic Library Service

The Japanese Association of Management Accounting

$R_{i,v}^{sb}$:　sb の i 勘定科目の利率・手数料 (受け取りはプラス,支払いはマイナスにする)

$Z_{i,v}^{sb}$:　sb の i 勘定科目の増加額の利率・手数料 (受け取りはプラス，支払いはマイナスにする)

W_i^{sb} :　sb の i 勘定科目のリスク・ウェイト

$NB_{k,t}$:　日本銀行から借り入れることができる限度額

$CM_{k,t}$:　コール・マネーによる調達ができる限度額 (銀行間取引における調達限度額)

NP'_k :　自己資本の増額 (増資などにより，自己資本の増加を予定する場合に与える)

δ_k :　$k-1$ 期に得られた利益額のうち，k 期に税金として支払う比率 (通常，税率は商品によって様々に異なるが，ここでは簡単のため一律とする)

JU_{i,k,u_i}^{sb} : sb の i　勘定科目の上限額

JL_{i,k,u_i}^{sb} : sb の i　勘定科目の残存額の下限額

T_t :　基準期間数 ($t=1,\ldots,T_t$)

T_k+1 : 計画期間数 ($k=0,\ldots,T_k$)

n :　金利体系の数

パラメータをここでは大きく2つに区分して設定したが，モデルの利用目的や想定する状況に応じてその設定方法を考えればよいのであって，この区分は固定したものではない．例えば，自己資本比率はBIS基準で達成値が決められているので，その値を設定しても良いが，実際にはそれ以上の値を政策的に設定しても良い．また，預金準備率などの他のパラメータについても同様のことが言える．

(3)　勘定科目の集合を表す記号

U :　市場取引である勘定科目の集合

V :　相対取引である勘定科目の集合

J_j :　金利体系 j である勘定科目の集合

l :　現金預け金の集合 (ANに属する勘定群の部分集合)

r :　(相対取引の)預金勘定の集合 (LNに属する勘定群の部分集合)

q :　債券現先勘定の集合 (LFに属する勘定群の部分集合)

c_o :　コミットメント勘定の集合 (LFに属する勘定群の部分集合)

3.4　目標の設定

(1)　利益に関する目標

k 期における利益 RT_k は，各々の商品のポジションに利率を掛けて求められる $\sum_{t=1}^{u_i} RB_{i,k,t}^{sb}(x_k,y_k)$ を合計して求めることができ，(1) 式で示すことができる．

NII-Electronic Library Service

The Japanese Association of Management Accounting

$$RT_k = \left\{ \sum_{i_1=1}^{m_1} \left(\sum_{t=1}^{u_{i_1}} RB^{AN}_{i_1,k,t}(x_k, y_k) \right) + \sum_{i_2=1}^{m_2} \left(\sum_{t=1}^{u_{i_2}} RB^{LN}_{i_2,k,t}(x_k, y_k) \right) \right. \tag{1}$$

$$\left. + \sum_{i_3=1}^{m_3} \left(\sum_{t=1}^{u_{i_3}} RB^{AF}_{i_3,k,t}(x_k, y_k) \right) + \sum_{i_4=1}^{m_4} \left(\sum_{t=1}^{u_{i_4}} RB^{LF}_{i_4,k,t}(x_k, y_k) \right) \right\}, \quad (k = 0, \ldots, T_k)$$

ここで，$RB^{sb}_{i,k,t}(x_k, y_k)$ は (2)式で求めることができる．

$$RB^{sb}_{i,k,t}(x_k, y_k) = \begin{cases} R^{sb}_{i,k+t} \times B^{sb}_{i,k,t}(x_k, y_k) & , \text{ for } \quad k+t < u_i \\ R^{sb}_{i,u_i} \times \left(B^{sb}_{i,k,t}(x_k, y_k) - x^{sb}_{i,0,u_i} \right) & \\ \qquad\qquad + Z^{sb}_{i,u_i} \times x^{sb}_{i,0,u_i} & , \text{ for } \quad k+t = u_i \\ Z^{sb}_{i,k+t} \times B^{sb}_{i,k,t}(x_k, y_k) & , \text{ for } \quad k+t > u_i \quad \text{and} \quad t \le u_i \end{cases} \tag{2}$$

$$(i = 1, \ldots, m, \ k = 0, \ldots, T_k, \ t = 1, \ldots, u_i, \ sb \in \{AN, LN, AF, LF\})$$

そして，利益は大きい方が望ましいが，トレード・オフの関係にある金利変動リスクに対する目標も達成したいので，この程度利益を達成すれば良いという満足レベル $S_{1,k}$ と少なくともこれだけは達成したいという必要レベル $S_{1,k} - \lambda_{1,k}$ を設定し，利益目標制約式を(3)式のように表す．

$$RT_k + \lambda_{1,k} \cdot \left(d^-_{1,k} - d^+_{1,k} \right) = S_{1,k}, \quad (k = 0, \ldots, T_k) \tag{3}$$

この目標制約式に対応する目的関数は (4)式で書くことができる．

$$\min \quad P^{11} \cdot \left(\sum_{k=0}^{T_k} w^-_{1,k} \cdot d^-_{1,k} \right) - P^{12} \cdot \left(\sum_{k=0}^{T_k} w^+_{1,k} \cdot d^+_{1,k} \right) \tag{4}$$

ここで， P^{11}, P^{12} は優先順位を表す係数を示し，$P^{11} \gg P^{12}$ である．この目的関数はまず，P^{11} 優先順位で利益を満足レベルまで達成しようとし，さらに利益を大きくできるならば，それを P^{12} 優先順位で行うことを示す．

(2)　金利変動リスクに関する目標

金利変動リスク指標として，枇々木，福川 [4]が提案している金利ギャップに“組み合わせの悪さの度合を示す係数”$K_{j,h,k,t}$ を組み入れた指標を用いる．そこで，この k 期における t 期以内の金利変動リスク指標は，(5)式で表すことができ

$$KH_{k,t} = \sum_{j=1}^{n+1} \sum_{\substack{h=1 \\ j \neq h}}^{n+1} K_{j,h,k,t} \cdot H_{j,h,k,t}, \quad (k = 0, \ldots, T_k, \ t = 1, \ldots, T_t) \tag{5}$$

ここで用いる資産と負債の組み合わせ量$H_{j,h,k,t}$は，(6)～ (9)式の下で決定される．

NII-Electronic Library Service

The Japanese Association of Management Accounting

$$G_{j,k,t} - G^{A}_{j,k,t} + G^{L}_{j,k,t} = 0, \quad (j = 1, \ldots, n,\ k = 0, \ldots, T_k,\ t = 1, \ldots, T_t) \tag{6}$$

$$G^{A}_{j,k,t} = \sum_{\substack{h=1 \\ j \neq h}}^{n+1} H_{j,h,k,t}, \quad (j = 1, \ldots, n,\ k = 0, \ldots, T_k,\ t = 1, \ldots, T_t) \tag{7}$$

$$G^{L}_{h,k,t} = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq h}}^{n+1} H_{j,h,k,t}, \quad (h = 1, \ldots, n,\ k = 0, \ldots, T_k,\ t = 1, \ldots, T_t) \tag{8}$$

$$H_{j,h,k,t}\ ,\ H_{j,n+1,k,t}\ ,\ H_{n+1,h,k,t} \geq 0, \tag{9}$$

$$(j = 1, \ldots, n,\ h = 1, \ldots, n,\ k = 0, \ldots, T_k,\ t = 1, \ldots, T_t)$$

$H_{j,h,k,t}$ は $j = h$ の場合には同じ金利体系の資産と負債の組み合わせ量を表すが，すでにギャップを求めるときに相殺しており，必ず0になるので除外してある．また，$H_{j,n+1,k,t}$，$H_{n+1,h,k,t}$は，金利体系 j の資産，金利体系 h の負債が他の負債，資産と組み合わされずに残った量を表す．

これらは，金利体系毎の金利ギャップを合計すると求められる金利体系毎ではない資産と負債の金利ギャップ $\sum_{j=1}^{n} G_{j,k,t}$ と，(10) 式の関係にある．

$$\sum_{j=1}^{n} G_{j,k,t} - \sum_{j=1}^{n} H_{j,n+1,k,t} + \sum_{h=1}^{n} H_{n+1,h,k,t} = 0, \quad (k = 0, \ldots, T_k,\ t = 1, \ldots, T_t) \tag{10}$$

また，k 期における t 期以内の金利体系毎の金利ギャップ $G_{j,k,t}$ は，金利変動ポジションに新規取引量，取引継続率及び決定変数（方策）を考慮したポジションに金利弾性値を掛け合わせたものを合計することにより，(11)式で求めることができる．

$$\begin{aligned}
G_{j,k,t} = & \sum_{i_1 \in J_j \cap U} M^{AN}_{i_1,k+t} \cdot \left\{ I^{AN}_{i_1,k,t}(x_k, y_k) + x^{AN}_{i_1,k+t,u_i} - y^{AN}_{i_1,k+t,u_i} \right\} \\
& + \sum_{i_1 \in J_j \cap V} M^{AN}_{i_1,k+t} \cdot \left\{ C^{AN}_{i_1,k+t} \cdot I^{AN}_{i_1,k,t}(x_k, y_k) + E^{AN}_{i_1,k+t} + x^{AN}_{i_1,k+t,u_i} - y^{AN}_{i_1,k+t,u_i} \right\} \\
& - \sum_{i_2 \in J_j \cap U} M^{LN}_{i_2,k+t} \cdot \left\{ I^{LN}_{i_2,k,t}(x_k, y_k) + x^{LN}_{i_2,k+t,u_i} - y^{AN}_{i_1,k+t,u_i} \right\} \\
& - \sum_{i_2 \in J_j \cap V} M^{LN}_{i_2,k+t} \cdot \left\{ C^{LN}_{i_2,k+t} \cdot I^{LN}_{i_2,k,t}(x_k, y_k) + E^{LN}_{i_2,k+t} + x^{LN}_{i_2,k+t,u_i} - y^{LN}_{i_2,k+t,u_i} \right\} \quad (11) \\
& + \sum_{i_3 \in J_j} M^{AF}_{i_3,k+t} \cdot \left\{ I^{AF}_{i_3,k,t}(x_k, y_k) + x^{AF}_{i_3,k+t,u_i} - y^{AF}_{i_3,k+t,u_i} \right\} \\
& - \sum_{i_4 \in J_j} M^{LF}_{i_4,k+t} \cdot \left\{ I^{LF}_{i_4,k,t}(x_k, y_k) + x^{LF}_{i_4,k+t,u_i} - y^{LF}_{i_4,k+t,u_i} \right\} \\
& + G_{j,k,t-1}, \quad (j = 1, \ldots, n,\ k = 0, \ldots, T_k,\ t = 1, \ldots, T_t)
\end{aligned}$$

NII-Electronic Library Service

The Japanese Association of Management Accounting

$$G_{j,k,0}=0, \quad (j=1,\ldots,n,\ k=0,\ldots,T_k) \tag{12}$$

そして，(5)式で求められる金利変動リスクについての目標制約式を利益と同様に (13) 式のように表す．

$$KH_{k,t}+\lambda_{2,k,t}\cdot\left(d^-_{2,k,t}-d^+_{2,k,t}\right)=S_{2,k,t}, \quad (k=0,\ldots,T_k,\ t=1,\ldots,T_t) \tag{13}$$

ただし，金利変動リスクは利益とは逆に小さい方が望ましいので，満足レベルは $S_{2,k,t}$，必要レベルは $S_{2,k,t}+\lambda_{2,k,t}$ になる．そして，目的関数は (14)式で書くことができる．

$$\min \quad P^{21}\cdot\left(\sum_{k=0}^{T_k}\sum_{t=1}^{T_t} w^+_{2,k,t}\cdot d^+_{2,k,t}\right)-P^{22}\cdot\left(\sum_{k=0}^{T_k}\sum_{t=1}^{T_t} w^-_{2,k,t}\cdot d^-_{2,k,t}\right) \tag{14}$$

金利変動リスクも利益と同様に $P^{21}\gg P^{22}$ であり，P^{21} 優先順位で満足レベルまで，それ以上は P^{22} 優先順位で金利変動リスクを小さくすることを示す．

(3)　戦略的な金利変動リスク管理に関する目標

もし金利が上昇すると予想できるならば，金利ギャップ $G_{j,k,t}$ は正の値を持つ方が金利変動により利益を増やすことができる．金利が下降する場合には逆のことが言える．このように，金利ギャップを戦略的にとることにより，利益の増加を目標とする場合には (15) 式で示す目標制約式を設定する．

$$\begin{gathered}G_{j,k,t}+\lambda_{3,j,k,t}\cdot\left(d^-_{3,j,k,t}-d^+_{3,j,k,t}\right)=S_{3,j,k,t},\\(j=1,\ldots,n,\ k=0,\ldots,T_k,\ t=1,\ldots,T_t)\end{gathered} \tag{15}$$

この目標制約式に対応する目的関数は (16)式で示すことができる．

$$\min \quad P^3\cdot\left\{\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=0}^{T_k}\sum_{t=1}^{T_t}(\alpha_{j,k,t}\cdot w^-_{3,j,k,t}\cdot d^-_{3,j,k,t}+\beta_{j,k,t}\cdot w^+_{3,j,k,t}\cdot d^+_{3,j,k,t})\right\} \tag{16}$$

ここで，$\alpha_{j,k,t}$ と $\beta_{j,k,t}$ の設定値は，金利の変動をどう考えるかによって，表1のような設定を行う．

NII-Electronic Library Service

The Japanese Association of Management Accounting

表1　戦略的な金利変動リスク管理の考え方による $\alpha_{j,k,t}$ と $\beta_{j,k,t}$ の設定値

	$\alpha_{j,k,t}$	$\beta_{j,k,t}$
ギャップ＞0（金利上昇と予想）	1	0
ギャップ＜0（金利下降と予想）	0	1
ギャップ＝0（金利変動が不明）	1	1
考えない	0	0

3.5　銀行に課された制約条件の設定

(1)　流動性リスクに関する制約

流動性リスク指標として，枇々木・福川 [6]が提案している流動性不足の際に手当できる資金量に対する累積ギャップの比率にマイナスを付した指標を用いる．そこで，この k 期における t 期以内の流動性リスク指標 $LG_{k,t}$ は，(17)式で表すことができる．

$$LG_{k,t} = -\frac{CG_{k,t}}{NB_{k,t}+CM_{k,t}+LD_{k,t}}, \quad (k=0,\ldots,T_k,\ t=1,\ldots,T_t) \tag{17}$$

ここで k 期における t 期以内の累積ギャップ $CG_{k,t}$ は流動性ポジションに新規取引量，取引継続率及び決定変数（方策）を考慮したポジションを合計することにより，(18)式で求めることができる．そして，流動化が可能な資金量 $LD_{k,t}$ は k 期における $t+1$ 期以降に満期がくる資産 $Q^{AN}_{i_1,k,t+s}$ に，その流動化可能率 $Y^{AN}_{i_1,k+t+s}$ を掛け合わせたものを合計することにより，(20)式で求めることができる．

$$\begin{aligned} CG_{k,t} = &\sum_{i_1\in l} Q^{AN}_{i_1,k,t}(x_k,y_k) + \sum_{i_1\in U}\left\{Q^{AN}_{i_1,k,t}(x_k,y_k) - x^{AN}_{i_1,k+t,u_i} + y^{AN}_{i_1,k+t,u_i}\right\} \\ &+ \sum_{i_1\in V}\left\{(1-C^{AN}_{i_1,k+t})\cdot Q^{AN}_{i_1,k,t}(x_k,y_k) - E^{AN}_{i_1,k+t} - x^{AN}_{i_1,k+t,u_i} + y^{AN}_{i_1,k+t,u_i}\right\} \\ &- \sum_{i_2\in U}\left\{Q^{LN}_{i_2,k,t}(x_k,y_k) - x^{LN}_{i_2,k+t,u_i} + y^{LN}_{i_2,k+t,u_i}\right\} \\ &- \sum_{i_2\in V}\left\{(1-C^{LN}_{i_2,k+t})\cdot Q^{LN}_{i_2,k,t}(x_k,y_k) - E^{LN}_{i_2,k+t} - x^{LN}_{i_2,k+t,u_i} + y^{LN}_{i_2,k+t,u_i}\right\} \quad (18) \\ &+ \sum_{i_3\in q}\left\{Q^{AF}_{i_3,k,t}(x_k,y_k) - x^{AF}_{i_3,k+t,u_i} + y^{AF}_{i_3,k+t,u_i}\right\} \\ &- \sum_{i_4\in q}\left\{Q^{LF}_{i_4,k,t}(x_k,y_k) - x^{LF}_{i_4,k+t,u_i} + y^{LF}_{i_4,k+t,u_i}\right\} \end{aligned}$$

NII-Electronic Library Service

The Japanese Association of Management Accounting

$$- \sum_{i_4 \in c_o} X^{LF}_{i_4,k+t} \cdot \left\{ Q^{LF}_{i_4,k,t}(x_k, y_k) - x^{LF}_{i_4,k+t,u_i} + y^{LF}_{i_4,k+t,u_i} \right\} + CG_{k,t-1}$$
$$(k = 0, \ldots, T_k,\ t = 1, \ldots, T_t)$$

$$CG_{k,0} = 0, \quad (k = 0, \ldots, T_k) \tag{19}$$

$$LD_{k,t} = \sum_{s=1}^{u_i} \sum_{i_1=1}^{m_1} Y^{AN}_{i_1,k+t+s} \cdot Q^{AN}_{i_1,k,t+s}(x_k, y_k), \quad (k = 0, \ldots, T_k,\ t = 1, \ldots, T_t) \tag{20}$$

現金の増減額は，(21)式で表すことができる．そして，(21)式の左辺を (34)，(35)式と同形式の $Q^{sb}_{i,k,t}(x_k, y_k)$ に対する式に代入することにより，(18)式中の $\sum_{i_1 \in l} Q^{AN}_{i_1,k,t}(x_k, y_k)$ を求めることができる．

$$\sum_{i_1 \in l} \left(x^{AN}_{i_1,k,u_i} - y^{AN}_{i_1,k,u_i} \right)$$
$$= \begin{cases} CSX_0 & , \ \text{for} \quad k = 0 \\ CSX_k + \sum_{i_1 \in V} \left\{ (1 - C^{AN}_{i_1,k}) \cdot Q^{AN}_{i_1,k-1,1}(x_k, y_k) - E^{AN}_{i_1,k} \right\} & \\ \quad - \sum_{i_2 \in V} \left\{ (1 - C^{LN}_{i_2,k}) \cdot Q^{LN}_{i_2,k-1,1}(x_k, y_k) - E^{LN}_{i_2,k} \right\} & \\ \quad + (1 - \delta_k) \cdot RT_{k-1} + NP'_k & , \ \text{for} \quad k = 1, \ldots, T_k \end{cases} \tag{21}$$

ただし，

$$CSX_k = - \sum_{i_1 \notin l} \left(x^{AN}_{i_1,k,u_i} - y^{AN}_{i_1,k,u_i} \right) + \sum_{i_2} \left(x^{LN}_{i_2,k,u_i} - y^{LN}_{i_2,k,u_i} \right)$$
$$- \sum_{i_3 \in q} \left(x^{AF}_{i_3,k,u_i} - y^{AF}_{i_3,k,u_i} \right) + \sum_{i_4 \in q} \left(x^{LF}_{i_4,k,u_i} - y^{LF}_{i_4,k,u_i} \right), \quad (k = 0, \ldots, T_k) \tag{22}$$

(17)式で求められる流動性リスクは，制約値 $JI_{1,k,t}$ よりも小さくしなければならないので，流動性リスク制約式は (23)式になる．

$$LG_{k,t} \leq JI_{1,k,t} \quad (k = 0, \ldots, T_k,\ t = 1, \ldots, T_t) \tag{23}$$

(2)　自己資本比率に関する制約 (信用リスクに関する制約)

国際的に活動を行う銀行は国際決済銀行 (BIS) によって決められた自己資本比率 CR_k に関する制約を守らなければならない．このBIS基準に用いられる自己資本比率 (リスク・アセット・レシオ) は，自己資本額 NP_k をリスク・アセット RA_k で割った (24)式で表される．

$$CR_k = \frac{NP_k}{RA_k}, \quad (k = 0, \ldots, T_k) \tag{24}$$

NII-Electronic Library Service

ここで，自己資本額 NP_k は，前期 ($k-1$期) の自己資本額NP_{k-1}に利益から税金を除いた額に今期 (k期) の自己資本として算入できるものの増額分を加えたものとして表すことができるので，(25)式になる．

$$NP_k = \begin{cases} NP_0 & , \quad \text{for} \quad k=0 \\ NP_{k-1} + (1-\delta_k)\cdot RT_{k-1} + NP'_k & , \quad \text{for} \quad k=1,\ldots,T_k \end{cases} \tag{25}$$

また，リスク・アセット RA_k は，各々の商品のポジションに対応するリスク・ウェイト W_i^{sb} を掛け合わせた合計として求められるので，(26)式で表すことができる．

$$\begin{aligned} RA_k = & \sum_{i_1=1}^{m_1} W_{i_1}^{AN} \cdot \left(\sum_{t=1}^{u_{i_1}} B_{i_1,k,t}^{AN}(x_k, y_k) \right) \\ & + \sum_{i_3=1}^{m_3} W_{i_3}^{AF} \cdot \left(\sum_{t=1}^{u_{i_3}} B_{i_3,k,t}^{AF}(x_k, y_k) \right) + \sum_{i_4=1}^{m_4} W_{i_4}^{LF} \cdot \left(\sum_{t=1}^{u_{i_4}} B_{i_4,k,t}^{LF}(x_k, y_k) \right), \\ & (k=0,\ldots,T_k) \end{aligned} \tag{26}$$

(24)式で求められる自己資本比率は，BIS基準値 (8%) または銀行が政策的に定めた値 $JI_{2,k}$ 以上でなければならないので，それを示す制約式は (27)式になる．

$$CR_k \geq JI_{2,k}, \quad (k=0,\ldots,T_k) \tag{27}$$

(3)　預金準備率 (現金預け金，預金額) に関する制約

預金準備率 DR_k は，(28)式で示すことができる．

$$DR_k = \frac{CS_k}{DP_k}, \quad (k=0,\ldots,T_k) \tag{28}$$

ここで用いられる現金預け金 CS_k は (29)式で，預金額 DP_k は (30)式で示すことができる．

$$CS_k = \sum_{i_1 \in l} \sum_{t=1}^{u_{i_1}} B_{i_1,k,t}^{AN}(x_k, y_k), \quad (k=0,\ldots,T_k) \tag{29}$$

$$DP_k = \sum_{i_2 \in r} \sum_{t=1}^{u_{i_2}} B_{i_2,k,t}^{LN}(x_k, y_k), \quad (k=0,\ldots,T_k) \tag{30}$$

預金準備率に関しても自己資本比率と同様に，制約値 $JI_{3,k}$ よりも大きくなければならないので，それを示す制約式は (31)式になる．

2) $1-\delta_k$は税金支払後，手元に残る比率である．税金は通常年1回払いであるが，このモデルでは簡単のため各期の最後に支払うものとしている．実際の支払いの期が決まっている場合，それに合わせた定式化は少しの変形で容易に行うことができる．

NII-Electronic Library Service

The Japanese Association of Management Accounting

$$DR_k \geq JI_{3,k}, \quad (k = 0, \ldots, T_k) \tag{31}$$

3.6 市場の環境制約条件の設定

市場の環境条件として，調達や運用が可能な期中取引の範囲を上下限額制約として設定する．上限額を表す制約式は (32)式，残存額の下限を表す制約式は (33)式として表すことにする．

$$x^{sb}_{i,k,u_i} - y^{sb}_{i,k,u_i} \leq JU^{sb}_{i,k,u_i} \tag{32}$$

$$\sum_{t=1}^{u_i} B^{sb}_{i,k,t}(x_k, y_k) \geq JL^{sb}_{i,k,u_i} \tag{33}$$

$$(i = 1, \ldots, m,\ k = 0, \ldots, T_k,\ sb \in \{AN\,,\ LN\,,\ AF\,,\ LF\})$$

3.7 バランス・シート制約式の設定

3.4～3.6で用いられるバランス・シート変数は (34)，(35)式で計算する．式の記述は略すが，$Q^{sb}_{i,k,t}(x_k, y_k)$，$I^{sb}_{i,k,t}(x_k, y_k)$についても同様の制約式を設定する．

(1)　$k = 0$ の場合

$$B^{sb}_{i,0,t}(x_k, y_k) = \begin{cases} B^{sb}_{i,0,t} & , \quad \text{for} \quad t < u_i \\ B^{sb}_{i,0,u_i} + x^{sb}_{i,0,u_i} - y^{sb}_{i,0,u_i} & , \quad \text{for} \quad t = u_i \end{cases} \tag{34}$$

$$(i = 1, \ldots, m,\ t = 1, \ldots, u_i,\ sb \in \{AN\,,\ LN\,,\ AF\,,\ LF\})$$

(2)　$k \geq 1$ の場合 (右辺第2式，第3式は書替となるポジションを計算している)

$$B^{sb}_{i,k,t}(x_k, y_k)$$
$$= \begin{cases} B^{sb}_{i,k-1,t+1}(x_k, y_k) & , \quad \text{for} \quad t < u_i \\ C^{sb}_{i,k} \times B^{sb}_{i,k-1,1}(x_k, y_k) + x^{sb}_{i,k,u_i} - y^{sb}_{i,k,u_i} + E^{sb}_{i,k} & , \quad \text{for} \quad t = u_i \quad \text{and} \quad i \in V \\ B^{sb}_{i,k-1,1}(x_k, y_k) + x^{sb}_{i,k,u_i} - y^{sb}_{i,k,u_i} & , \quad \text{for} \quad t = u_i \quad \text{and} \quad i \in U \end{cases} \tag{35}$$
$$(i = 1, \ldots, m,\ k = 0, \ldots, T_k,\ t = 1, \ldots, u_i,\ sb \in \{AN\,,\ LN\,,\ AF\,,\ LF\})$$

3.8 目的関数の設定

3.4 で目標を設定する際に各々目的関数を示した．それらの優先順位を

NII-Electronic Library Service

The Japanese Association of Management Accounting

$$
\begin{aligned}
&P^{11} = P^{21}(= P_1 : \text{第 1 優先順位}) \gg P^{3}(= P_2 : \text{第 2 優先順位}) \\
&\gg P^{12} = P^{22}(= P_3 : \text{第 3 優先順位})
\end{aligned}
\tag{36}
$$

とすると，全体として目的関数は(37)式のように示すことができる.

$$
\begin{aligned}
\min\ & P_1 \cdot \left\{ \sum_{k=0}^{T_k} w_{1,k}^{-} \cdot d_{1,k}^{-} + \sum_{k=0}^{T_k} \sum_{t=1}^{T_t} w_{2,k,t}^{+} \cdot d_{2,k,t}^{+} \right\} \\
& + P_2 \cdot \left\{ \sum_{j=1}^{n} \sum_{k=0}^{T_k} \sum_{t=1}^{T_t} (\alpha_{j,k,t} \cdot w_{3,j,k,t}^{-} \cdot d_{3,j,k,t}^{-} + \beta_{j,k,t} \cdot w_{3,j,k,t}^{+} \cdot d_{3,j,k,t}^{+}) \right\} \\
& - P_3 \cdot \left\{ \sum_{k=0}^{T_k} w_{1,k}^{+} \cdot d_{1,k}^{+} + \sum_{k=0}^{T_k} \sum_{t=1}^{T_t} w_{2,k,t}^{-} \cdot d_{2,k,t}^{-} \right\}
\end{aligned}
\tag{37}
$$

4. 結論と今後の課題

本研究では，枇々木・福川 [6]の提案したALMモデルに対し，多期間問題への拡張を行った．計画期間を1期間から多期間にするほど将来にわたって計画的に資産や負債をコントロールできる (つまり，自由度が高まる)ので，より有効な最適方策を情報として得ることができ，リスク管理を含んだ将来の経営計画の作成に役立つことが期待できるものと考える.

今後の課題としては，円貨だけでなく，多通貨を取り扱う通貨別 (多通貨)ALMモデルの構築がある．これは多期間モデルの拡張として扱うことが考えられるが，為替リスクの取り扱いに工夫が必要となる．また，このモデルは本部が銀行全体としてどのような計画を立てるべきかというモデル化であるが，銀行の約70%を占める預金や貸付金は支店が中心に取り扱っている．ALMモデルを銀行経営につなげるためには，この支店の活動計画も含めた本支店ALMモデルの構築も重要であろう.

また，本モデルは利益とリスクのトレード・オフの関係を考慮したモデル化であり，金利の変動動向は将来不確実なものとして，金利ギャップを利用した金利変動リスク指標を用いて対応している．そのような視点からのモデル化であることを考えると，不確実性も考慮したモデル化と考えることもできるが，将来のある一つの状況を想定することにより，それに応じた各種のパラメータを確定的に設定できることを前提としたモデルである． しかし，様々に予想される不確実な状況の，どの状況を想定するか，あるいは想定できる各種の状況に対応させてモデルを解くことにより得られるそれらの解をどのように集約化す

NII-Electronic Library Service

The Japanese Association of Management Accounting

るかはモデルの利用者の主観的・経験的判断に委ねられている．従って，この点を克服するためにはさらに状況の不確実性を直接考慮したモデル化も必要であろう．

謝辞

本研究の一部は平成4年度文部省科学研究費（一般研究C）の補助を受けたことを記して謝意を表する．

参考文献

[1] ALM アセット・ライアビリティ・マネジメント，銀行研修社，1986.

[2] 日本ユニシス監修，Bill Williams，静岡銀行ALM研究会訳，上田悦久，日本ユニシス金融マーケティング研究会：実践的ALM：リスク測定法とALMの導入から運用まで，近代セールス社，1989.

[3] 杉岡直人：アセット・ライアビリティ・マネジメントの手法とシステム設計，オペレーションズ・リサーチ，Vol. 32，No. 12 (1987)，pp. 15–19.

[4] 枇々木規雄，福川忠昭：ALM（資産負債管理）による銀行の金利変動リスクの管理，慶應経営論集，Vol. 9，No. 1 (1991)，pp. 1–15.

[5] 枇々木規雄，福川忠昭：目標計画法を用いた ALM（資産負債管理）モデル，慶應義塾大学理工学部管理工学科 テクニカルレポート，No. 91002 (1991).

[6] 枇々木規雄，福川忠昭：ALM（資産負債管理）の考え方に基づく銀行のリスク管理へのモデル・アプローチ，Journal of the Operations Research Society of Japan，Vol. 35，No. 4 (1992)，pp. 319–343.

[7] 枇々木規雄，福川忠昭：多期間ALMモデルの数値実験による考察，日本管理会計学会誌，管理会計学 Vol. 2，No. 1 (1993).

[8] 福川忠昭：線形計画法から多目的・多目標計画法へ，オペレーションズ・リサーチ，Vol. 32，No. 6 (1987)，pp. 6–14.

[9] 伏見多美雄，福川忠昭，山口俊和：経営の多目標計画，森北出版，1987.

[10] G.G. Booth and P.E. Koeves : A Programming Model for Bank Hedging Decisions, *The Journal of Financial Research*, Vol. IX, No. 3 (1986), pp. 271–279.

[11] G.G. Booth, W. Bessler and W.G. Foote : Managing interest-rate risk in banking institutions, *European Journal of Operational Research*, Vol. 41 (1989), pp. 302–313.

[12] G.G. Booth and W. Bessler : Goal Programming Models for Managing Interest-Rate Risk, *OMEGA*, Vol. 17, No. 1 (1989), pp. 81–89.

[13] A.I. Brodt : International Bank Asset and Liability Management, *Journal of Bank Research*, (Summer 1984), pp. 82–94.

[14] A.I. Brodt : Optimal Bank Asset and Liability Management With Financial Futures, *The Journal of Futures Markets*, Vol. 8, No. 4 (1988), pp. 457–481.

[15] D. Giokas and M. Vassiloglou : A Goal Programming Model for Bank Assets and Liabilities Management, *European Journal of Operational Research*, Vol. 50 (1991), pp. 48--60.

NII-Electronic Library Service

The Japanese Association of Management Accounting

[16] A. Korhonen : A Dynamic Bank Portfolio Planning Model with Multiple Scenarios, Multiple Goals and Changing Priorities, *European Journal of Operational Research*, Vol. 30 (1987), pp. 13--23.

[17] M.I. Kusy and W.T. Ziemba : A Bank Asset and Liability Management Model, *Operations Research*, Vol. 34, No. 3 (May–June 1986), pp. 356 – 376.

[18] D. Langen : A Multi-objective Decision Model for Bank Asset/Liability Management, *Mathematical Computer Modelling*, Vol. 12, No. 10/11 (1989), pp. 1419 – 1435.

[19] G.K. Tayi and P.A. Leonard : Bank Balance-Sheet Management : An Alternative Multi-objective Model, *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 39, No. 4 (1988), pp. 401 – 410.

[20] A.L. Toevs and W.C. Haney : Measuring and Managing Interest Rate Risk: A Guide to Asset/Liability Models Used in Banks and Thrif, R.B. Platt, ed., *Controlling Interest Rate Risk*, John Wiley & Sons (1986), pp. 256 – 350.

[21] B. Williams : *Asset/Liability Management Techniques*, Bank Administration Institute, 1987.

NII-Electronic Library Service

The Japanese Association of Management Accounting

The Journal of Management Accounting, Japan
Vol. 2, No 1 Spring 1993

MULTI-PERIOD ALM MODEL FOR BANKING RISK MANAGEMENT

Norio Hibiki,* and Tadaaki Fukukawa†

ABSTRACT

The recent financial deregulation and internationalization have caused a great deal of financial risk which is interest rate risk, liquidity risk, and so on, to banking in Japan. Then financial risk management becomes very important, and banks need to manage not only profit, but also risk.

In this paper, we propose the multi-period ALM model. It is the advanced model of the goal-programming model, which is based on the idea of risk management (ALM), and proposed by Hibiki and Fukukawa. The feature of this model is that it can show the plan to manage assets and liabilities in the future, in addition to the feature that it can show the trade-off relation between profit and risk.

Then we can solve this model with goal-programming, in order to treat both profit and risk. And we investigate the usefulness of this model by representing the features and mathematical formulations.

KEYWORDS

Asset Liability Management; Banking; Risk Management; Goal Programming; Trade-off, Maturity Gap

---

Submitted December 1992.
Accepted April 1993.
* Instructor, Department of Administration Engineering, Faculty of Science and Technology, Keio University
† Professor of Management Science, Department of Administration Engineering, Faculty of Science and Technology, Keio University.

NII-Electronic Library Service