

【最優秀賞】

電子ペーパーマネー・システムの構築

明治大学商学部 松井 孝憲

相原 早紀

須田 理恵子

電子ペーパーマネー・システムの構築

(要旨)

ICタグや電子ペーパー、携帯電話などのハード技術と電子署名などのソフト技術を組み合わせることによって、紙幣と電子マネーの長所を兼ね備えた「電子ペーパーマネー」を「だれでも、どこでも、いつでも」作れるシステムの構築を提案する。このシステムを実現するための個別の技術はすでに開発されており、我々の提案はそれらの個別技術を組み合わせ、ひとつの「システム」とすることであり、その実現性は高いものと思われる。このようなシステム構築の目的は、バーチャルなマネーではカバーできない紙幣の長所を活かしつつ、紙幣がもつ不便さや偽造問題を克服することにある。

1. 小口決済手段の現状と問題点（現状評価）

1. 1. リアルマネーへの愛着とニーズ

マネー（貨幣、通貨）は社会・経済のインフラであり、とくに一般個人が使う小口決済手段としてのマネーは日常生活のあらゆる場面で使われるため、人々への心理的影響も含めてきわめて重要なものである。

このように心理的にも重要な意味を持つ、小口決済手段としてのマネーは、従来からの現金通貨（紙幣とコイン）という「リアルマネー(real money)」に加えて、近年、クレジットカードやプリペイド・カード、電子マネーなど多くの種類の「バーチャルマネー(virtual money)」が登場している。このため、キャッシュレス時代が来ると言われているが、いまだに人々のリアルマネーに対する愛着やニーズは強いように思われる。例えば、第1図のように日銀券の発行残高をみると、最近でも増加し続けており、名目GDPに対する比率も低下の兆しはみられず、むしろ高くなっている。

それでは、人々がリアルマネーに対して根強い愛着やニーズをもっているのは、なぜだろうか？その理由としては、「心理的要因」と「経済合理的要因」が考えられる。「心理的要因」としては、第一に、例えばお年玉やご祝儀などには紙幣を使うことからわかるように、リアルマネーにはリアルであるが故のメリットがあるからではないかと思われる。つまり、リアルマネーには認知心理学的な意味での「実感」があるのに対して、バーチャルマネーにはそれが欠けているということである。第二に、上記の点と関係しているが、バーチャルマネーには、セキュリティ面での不安が感じられているからではないかと思わ

れる。例えば、電子マネーの中の電子信号が消えてしまうとか、カード詐欺などの心配である。

次に、「経済合理的要因」についてみると、第一にバーチャルマネーは何でも買えて誰でも喜んで受け取ってくれる「一般受容性」のあるマネーではないため、やはり生活には「一般受容性」のあるリアルマネーが必要不可欠だからである。第二に、金融危機時におけるタンス預金の増加などを見ると、発行者が信用力のある中央銀行であることも、リアルマネーに対するニーズを高める要因になっているのではないかと思われる。

1.2. リアルマネーの不必要な不便さ

このように、リアルマネーに対する人々の愛着やニーズは強いものの、リアルマネーは扱うのに不便である。これらの不便さを分けてみると、2種類の不便さがある。ひとつは、持ち運びの不便さや支払う際の不便さなどユーザーにとっての不便さである。この不便さはリアルマネーの実感と表裏一体の関係にある不便さで、取り去ることのできない「必要な」不便さと言える。もうひとつは、ユーザーにとって「不必要な」不便さである。例えば、銀行やATMまで行く不便さ、民間銀行と中央銀行との現金輸送の不便さ、民間銀行と中央銀行の内部で現金を扱うことに関する不便さなどである。後者のユーザー側から見ての不必要な不便さを緩和し、「だれでも、どこでも、いつでも」作れるが、もちろん偽札ではないという、リアルマネーとバーチャルマネーの長所を兼備した「ハイブリッドマネー (hybrid money)」が求められている。

2. 電子ペーパーマネー・システムの構築（突破口）

上記の現状評価を踏まえて、我々は次のような電子ペーパーマネー・システムを構築することによって、上記の現状を突破できるのではないかと考えている。もちろん、我々は我々の提案するマネーだけが独占的に存在する世界を目指すわけではなく、各種バーチャルマネーや紙幣・コインなどと我々の提案するマネーが共存することが可能であり、望ましいと考えている。

2.1. 電子ペーパーマネー・システムの概要

(1)使われる技術

この電子ペーパーマネー (EPM : Electronic Paper Money) ・システムでは、通常のIT (情報技術) などに加えて、次の2つの技術が重要な役割を果たす。

①IC付き電子ペーパー

ここでの「IC付き電子ペーパー（以下、「IC電子ペーパー」と呼ぶ）」とは、表示機能をもつとともに「非接触型ICチップ」を埋め込んだシートのことである。現在のところ、「電子ペーパー」と呼ばれるシートには、ICチップが埋め込まれておらず、表示機能だけである*₁。一方、「ICタグ*₂」や「ICペーパー*₃」と呼ばれるシートには、ICチップが埋め込まれているが、表示機能はない。従って、表示機能とICチップの2つの機能を使用するには、両者を合体させてIC電子ペーパーを開発する必要がある*₄。

②電子署名

「電子署名（Digital Signature）*₅」とは、公開鍵暗号方式を使うソフトウェアで、電子署名の署名人が秘密鍵をもち、署名の真偽を確かめたい人は公開鍵さえあれば、真偽を確かめることができる。電子署名は「電子署名法」が成立するなど、すでに十分に一般化されているが、我々の提案では電子署名の公開鍵を携帯電話のような機器に保管し、電子署名付きメッセージの真偽をチェックすることを提案している点が新しいものと思われる。

(2) 電子ペーパーマネー・システムの構成要素

このシステムでは、金融機関、個人、企業、商店などの経済主体の存在はもちろん、通常のコンピュータやデータ通信ネットワークに加えて、以下のような新たな概念の構成要素が存在する。

①電子ペーパーマネー

「電子ペーパーマネー（以下、「EPM」と呼ぶ）」は、第2図で示したように、現在の紙幣と同じようなサイズをした前述のIC電子ペーパーが基本である。このIC電子ペーパーのICチップに、下記②の電子トークンが入ると、単なるIC電子ペーパーが電子ペーパーマネーになる。また、逆に電子トークンがなくなると、単なるIC電子ペーパーに戻るものである。

なお、IC電子ペーパーには表示機能を使って、電子トークンが入っている時と入っていない時とで、その違いがわかるような画像が表示される（例えば、電子トークンが入っている時には、紙幣のように額面金額や図柄などが現れ、なくなると白地になる）。

②電子トークン

「電子トークン（Electronic Token）」とは、EPMの発行主体である中央銀行が秘密鍵をもち、電子署名の技術を使って作る平文（額面金額や電子トークンの番号などの情報）と発行主体の電子署名から成るメッセージ・データである。さらに、後述の電子認証のための電子証明書もデータの中に含まれる。電子トークンは、通常のコンピュータによって作成でき、データ通信システムに

よって送受信される。電子トークンに付いている電子署名が本物であるかどうかは、下記⑤のチェッカーに格納された公開鍵を使って確かめることができる。

③マネープリンター

「マネープリンター (Money Printer)」とは、家庭や職場に置かれてあり、ネットワークで民間銀行とつながれたパソコンの周辺機器としての通常のプリンターに似ている。ただ、その機能はパソコンが民間銀行から受信した電子トークンをIC電子ペーパーのICチップに電送し、単なるIC電子ペーパーを額面金額の価値をもつEPMに変える機能がある。その際、表示機能付きのIC電子ペーパーを使用しているため、電子トークンが入っている時には、紙幣のように額面金額や図柄などが現れるようにすることのできる機器である。なお、下記④のデポジターや下記⑤のチェッカーと一体化した機器とすることもできる。

④デポジター

「デポジター (Depositer)」とは、商店や職場、あるいは家庭にも置かれ、EPMにある電子トークンをパソコンを通して銀行に送信し、預金にするための機器である。デポジターには、電子トークンを送信してしまうと、額面金額や図柄などを消す機能もある。

⑤チェッカー

「チェッカー (Checker)」とは、EPMの真偽を確かめるための機器である。携帯電話などに組み込んだICチップの中に電子署名の公開鍵をもち、電子トークンの署名検証作業を行うことができる。このチェッカーは、持ち運ぶ場合には、携帯電話に組み込むほか、上記のマネープリンターやデポジターなどと一体化した機器とすることもできる。

(3) 電子ペーパーマネー・システムの全体像

上記の構成要素から成るEPMシステムの全体像のイメージは、第3図に示したが、重要なポイントは次のとおりである。

- ①このシステムでは、中央銀行が電子トークンを発行しているため、現在の紙幣と同様に、EPMは中央銀行の負債であり、従って、EPMの信用力は中央銀行の信用力に依存している。
- ②このシステムでは、IC電子ペーパーはリサイクル可能としている。
- ③全体のシステムは、「EPMの作成→使用→消滅」と「電子トークンの送受信」との2つの段階に分けて見ることができる。

(4) 電子ペーパーマネー・システムのセキュリティ

①物理的セキュリティ

紙幣と同じように、IC電子ペーパーを破いたり、燃やしたりした場合のリス

クは不可避ながら、紙幣と同程度の物理的耐久性のある**IC電子ペーパー**の開発は可能と思われる。

②情報セキュリティ

電子署名は通信途上などにおいて、署名がコピーされて本人のように「なりすまし」されてしまうリスクがある（[4] 参照）。このために、**電子トークン**のやりとりには本人確認のために、生体認証などの認証技術や通信の暗号化などをフルに活用する必要がある。また、**電子トークン**の番号をチェックすることもなりすまし対策になる。これらの方法に加えて、前述のように、**電子トークン**に**電子証明書**を付け、中央銀行などが**電子認証局**となり、チェッカーとの間で**電子証明書**の確認を行うシステムとすることにより、なりすましの可能性をほぼ完全に排除することができる。

2.2. 発展可能性と課題

(1) 発展可能性

以上提案した**EPMシステム**は、例えば、以下のように発展させることも可能と思われる。

①このシステムでは、現在の紙幣に相当するマネーだけを想定しており、現在のコインに相当するマネーは対象外としている。そのため、少額支払手段としては現在のコインを使うしかないことになっている。しかし、コインの形をした**IC付き電子シート**さえ開発されれば、「**電子コイン**」を**EPM**と同じような仕組みで作ることは可能である。

②**EPM**は一般受容性のある「中央銀行マネー」であるとしたため、**EPM**に必要な**電子トークン**は中央銀行だけが発行できるとしている。しかし、一般受容性に限界を付した民間マネーのための**電子トークン**を民間銀行などが発行し、色々な**電子トークン**の真偽を同一の**チェッカー**で確かめるというシステムを構築することは、我々の提案の延長として困難なことではない。

(2) 検討課題

このシステム構築に必要な基本的な技術は開発されており、関係者の合意さえ得られれば実現可能と判断されるが、実際にシステムを構築するに当たっては、検討すべき課題も残っている。主なものは次のとおりである。

①本文で述べたとおり、**電子ペーパー**と**ICチップ**を完全に一体化した**IC電子ペーパー**を開発すること、および、この**IC電子ペーパー**の耐久性を実用可能なものとするのである。

②情報セキュリティ対策に万全を期すため、**電子署名**や**電子認証**に関する様々

な新しい技術を応用し、工夫をこらすこと。とくに、なりすまし対策については、あらゆる可能性を考慮した工夫が必要であり、今後の大きな検討課題である。

以上

脚注

*1 (株) 富士ゼロックスは、「電子ペーパー付きICカード」を開発しているが（[3] 参照）、「IC付き電子ペーパー」ではない。電子ペーパーについては[5] 参照。

*2 「ICタグ」とは、ICチップを紙やプラスチックなどのシートに埋め込んだ札である（[1] 参照）。

*3 「ICペーパー」とは、(株) エフ・イー・シー、(株) ジクシス、(株) トッパン・フォームズ、(株) 王子製紙によって共同開発され、紙の中にICチップを埋め込んだシートである（[2] 参照）。

*4 ただし、2.2. で述べる偽造対策が完全な紙幣を中央銀行が発行するという目的には、シートの表示機能は不要であるため、ICペーパーで十分である。

*5 「電子署名」とは、元の文書（平文）に、（平文） X （ハッシュ関数）から計算された「ハッシュ値」および送信者の秘密鍵によって作られた電子署名を付けて送り、受信者は公開鍵で復号化したハッシュ値と、（平文） X （ハッシュ関数）から計算されたハッシュ値を比較することによって、その署名が本物かどうかの署名検証作業ができるという仕組みである（[4] 参照）。

参考文献

[1] 井上 能行、『ICタグのすべて』、日本実業出版社、2004年6月。

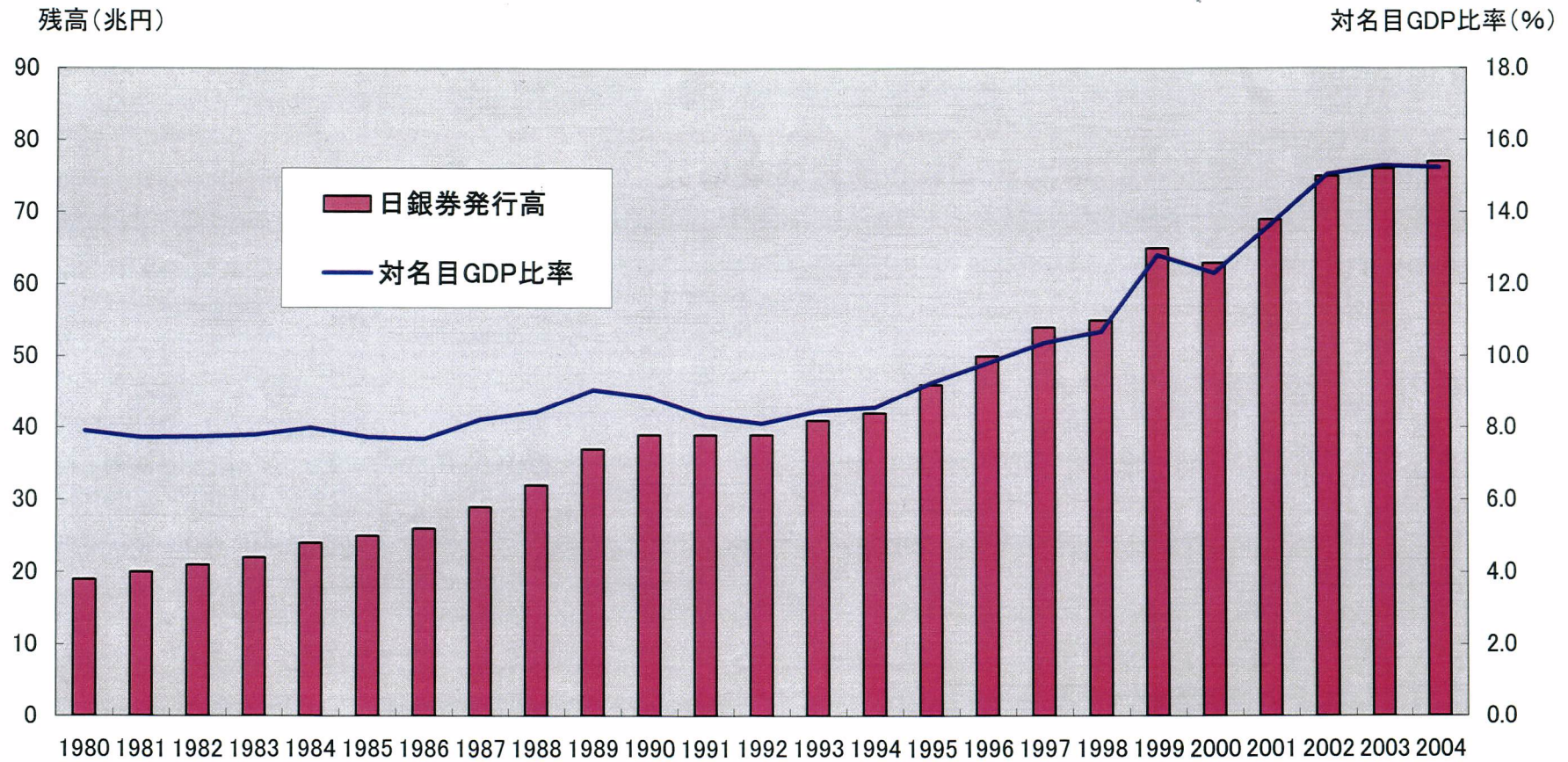
[2] (株) エフ・イー・シー、『ニュースリリース』、同社HP、2004年11月8日。

[3] (株) 富士ゼロックス、『表示技術』、同社HP。

[4] 牧野二郎等、『電子認証のしくみとPKIの基本』、毎日コミュニケーションズ、2003年9月。

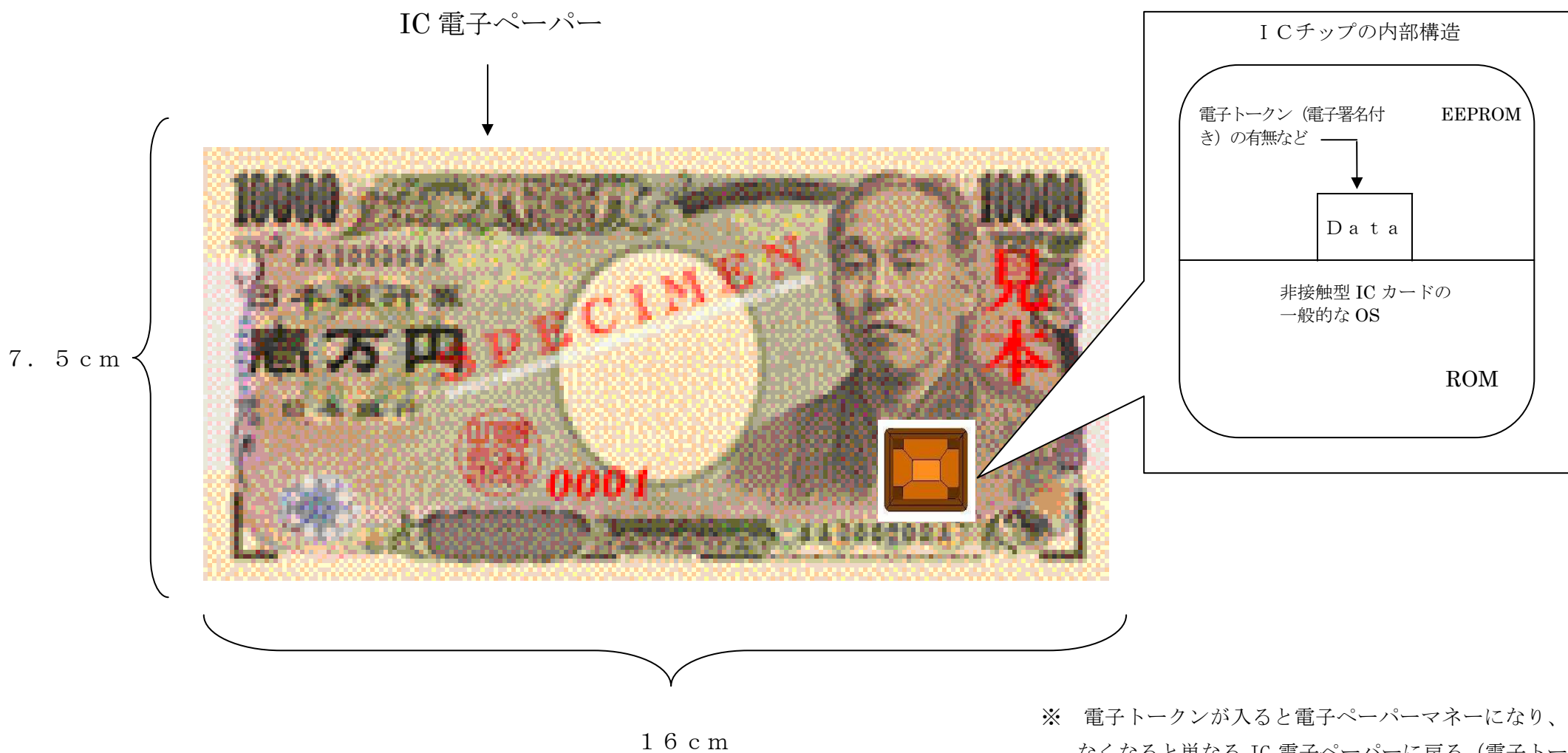
[5] 横井 利彰、『電子ペーパーがわかる本—紙のように薄いディスプレイ』、工業調査会、2002年12月。

(第1図) 日銀券の残高と対GDP比率



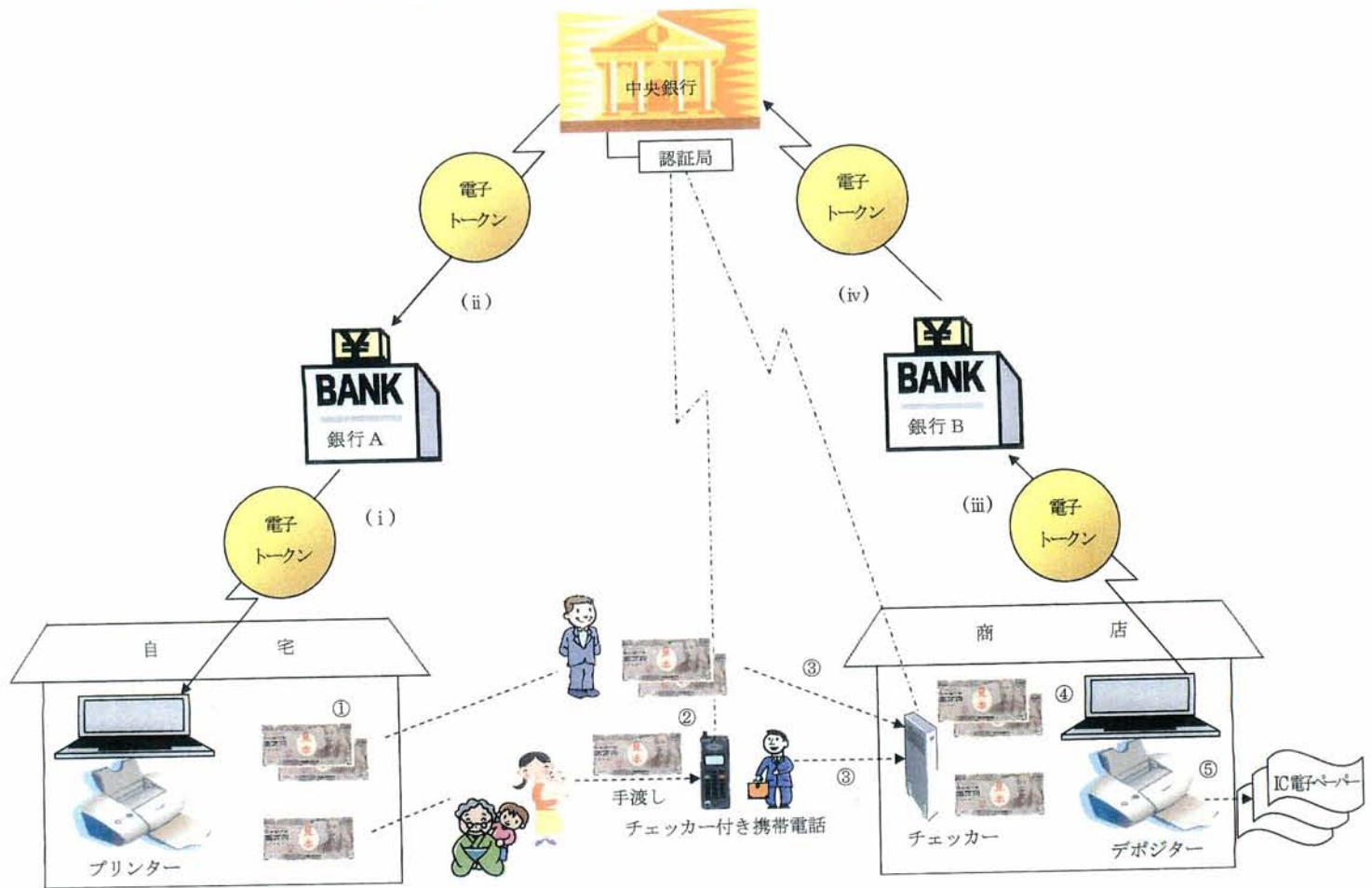
日銀券発行残高: 日銀HP
名目GDP: 総務省HP

(第2図) 電子ペーパーマネーの構造



※ 電子トークンが入ると電子ペーパーマネーになり、なくなると単なる IC 電子ペーパーに戻る（電子トークンが入っている時には額面金額や図柄などが現れ、なくなると白地になる）。

(第3図) 電子ペーパーマネー(EPM)システムの全体図



(上図の説明)

<EPMの作成→使用→消滅>

①個人(あるいは雇用主)が自宅(あるいは職場)で、マネープリンターを使って、民間銀行にある預金残高の範囲で、EPMを作製。

—IC電子ペーパーは手持ちのものを使う(文房具として入手)。例えば、3万円のEPMを作るとすると、3枚のIC電子ペーパーを使う。

—マネープリンターと接続されたパソコンが取引銀行Aに対して3万円分の電子トークンの送信を依頼し、受信。

—パソコンは受信した電子トークンをマネープリンターを通して、IC電子ペーパー内蔵のICチップに格納。同時に、IC電子ペーパーの表示機能により、3枚のIC電子ペーパーの表面にそれぞれ1万円の価値が入ったことを表示。

②この人は例えば、別の個人にEPMを手渡す(EPMの転々流通)。

—その際、別の個人はもらったEPMの表示を信じる場合には、そのまま受け取ることもできるが、疑念がある場合には、携帯電話に内蔵されたチェッカーを使って、EPMの電子トークン(すなわち、電子署名)の真偽を確認。

③最初にEPMを作製した本人あるいは、別の個人が商店で買い物をする。おつりの端数はコインで受取る。
—商店は上記②と同様に、EPMの表示を信じる場合には、そのまま受け取ることもできるが、疑念がある場合にはチェッカーを使って、EPMの電子トークンの真偽を確認。

④商店は売上金として受け取ったEPMをデポジターに入れて、取引銀行Bに預金する。

—デポジターからパソコンを通じて、取引銀行に電子トークンを送信することによって預金する。

⑤同時に、デポジターはIC電子ペーパーにある金額表示を消去。

—商店主は電子トークンも金額表示もなくなったIC電子ペーパーを後日の使用のために保管。

<電子トークンの送受信>

(i)銀行Aは個人からの要請により、預金残高を減額し、電子トークンを送信。

—同時に、中央銀行に対して、電子トークンの送信を依頼。ただし、手持ちの電子トークンがある場合には、これを使うことも可能。

(ii)中央銀行は銀行Aからの要請により、中央銀行にある銀行Aの当座預金残高を減額し、電子トークンを送信。

(iii)商店は銀行Bに電子トークンを送信。銀行Bはチェッカーを使って電子トークンの真偽を確かめてから、商店主の預金口座を増額。

(iv)銀行Bは中央銀行に電子トークンを送信。中央銀行はチェッカーを使って電子トークンの真偽を確かめてから、中央銀行にある銀行Bの当座預金残高を増額。