

新米エンジニアのための

初歩の

# インターネット技術

《第10回 IPアドレスという資源》

浅羽 登志也  
asaba@ij.ad.jp  
株式会社インターネットイニシアティブ

インターネットの利用が全世界的に拡大するにつれて、インターネット上の住所とも言えるIPアドレスが枯渇する恐れが出てきました。より大きなアドレス空間を利用できる次世代のIPプロトコルが登場するまでの間、この人類共有の財産を大事に使っていかねければなりません。そこで今回は、IPアドレスを上手に管理して割り当てるための仕組みについて考えていくことにします。

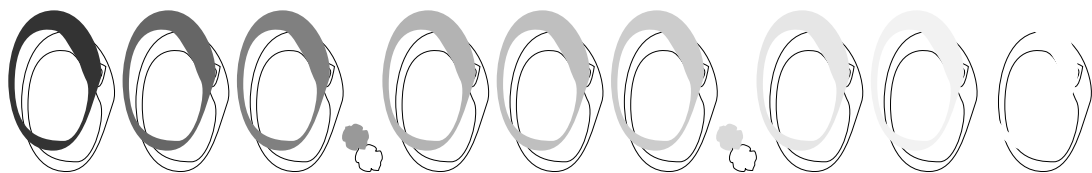
はじめに

計算機科学の世界ではよく「資源」という言葉が用いられる。これは、英語の“resource”を訳したものだ。たとえば計算機自体やCPU、メモリー、ディスクなどの各構成要素などもすべて「資源」と呼ばれる。これがどうもいまちピンとこない。筆者だけかもしれないが、「資源」と漢字で書かれてしまうとなぜかシャベルがなにかで地面を掘りたくなってしまふ。石炭とか石油とか鉱石とかの“natural resources”がイメージとして湧いてしまふからだろう。そもそも“resource”の訳語としては感覚的にもうちょっと違う言葉のほうがしっくりくるような気がするのだが、悲しいかな筆者の貧困な語彙からはまじな言葉が湧いてこない。

だが待てよ、確かに筆者の周りにいる人間たちは、「計算機資源が足らんぞ!」と叫んでは、アメリカは西海岸にあるといわれる「シリコンの谷」まで出かけて行って、ディスクだとかメモリーだとかを大量に掘り出して帰ってくるではないか。また、なにもアメリカまで行かずとも関東地方なら「秋葉原」という原っぱまで行けば計算機資源は割と豊富に採掘されるし、関西方面なら「日本橋」という橋のたもと辺りを掘ればよいと聞く。ふうむ、そう考えると妙に納得がいく。

冗談はさておき、読者の皆さんがなんとなく日々利用しているインターネットも、実はいろいろな「資源」を用いながら運用されている。

インターネット上で何らかのサービスを



提供したり、またインターネットに接続してそれらのサービスを利用したりするためには、ドメイン名、IP アドレス、AS 番号などが必要になる。ただこれらは、CPU やディスクなどの金物と違って実態のないソフトウェア的なものであり、先の地面を掘って採掘するイメージとは異なる。しかし、これらは、現在利用されているプロトコル上の制約などから無数に存在し得るものではなく、また他の組織との重複なしに利用しなければならないものである。この意味で、これらはインターネットの利用者間で広く共有される貴重な「資源」と考えることができる。

特に現在用いられているバージョン4のIP プロトコル (IPv4) のアドレスは近い将来枯渇してしまうことが予測されており、この予測に基づいてCIDRによるIPv4のアドレスの有効利用や、より大きなアドレス空間を用いることができる新しいIP プロトコル (IPv6) の設計が行われている。

そもそもこれは日本人の感覚かもしれないが、「資源」と言うと、あまり豊富にはないもの、大事に使っていかねばいけないもの的な気持ちになる。この日本人の感覚において、現在のIPv4のアドレスを希少な「資源」と呼ぶのはあながち的はずれではないに違いない。

では、この貴重な資源であるIP アドレスを無駄なく有効に利用していくためには、どうすればよいのだろうか？

## IP アドレスの割り当てと管理

近年のインターネットの世界的な広がり

を考えると、もはやIP アドレスは全人類共有の財産と考えることができる。そう考えるとIP アドレスの管理や運用は世界的な規模で協調して行われなければならない。

現在用いられているバージョン4のIP プロトコル (IPv4) では、IP アドレスは32ビットの数値である。したがって、32ビットで表現可能な $2^{32}$ 乗通りの数値を世界規模のインターネット全体でうまく共有して利用していかなければならないのである。

また、IP アドレスの割り当ては、インターネット上でのルーティングサービスとも深い関わりがある。この連載の最初の頃にも触れたが、IP アドレスはインターネット上の住所のようなものであり、この住所をもとにしてIP パケットが配送されるのである。したがってIP アドレスの割り当ては、IP パケットの配送の仕組みを意識した上で行ったほうが実際のパケット配送のシステムも比較的簡単で効率的なものになる。

郵便のシステムを考えてみてもこれは明らかである。読者は、海外旅行をしたときに現地から日本にいる家族や友人に絵はがきを送ったりしたことがあるだろうか？ このとき、宛先の住所を書くのに苦労した経験をお持ちの方も少なくないだろう。たとえばアメリカだとももちろん英語で書かないといけないし、所番地を書く順序も日本とは逆になる。慣れていないとといったいどう書いていいのやら悩むところである。

しかしよく考えてみれば、アメリカ国内の郵便屋さんはその絵はがきが、自分の国の中宛ではなく、日本宛であるということさえわかれば、後の詳細な所番地などわかる必要などないではないか。したがって住

所は日本語で普通の書き方で書いておいて、最後にJAPAN とでっかく書いておきさえすれば、途中で飛行機が落ちたり船が沈んだりしない限りおそらく間違いなく日本まで届くのである。

日本の中に入ってからこれも同様で、海外から日本国内宛の郵便を受け取った時点では、とりあえずそれがどの県や市に宛てられたものかがわかればよく、対応する地方の郵便局までとりあえず送ればよい。

つまり、これは住所が、国、都道府県、市区町村のように住んでいる場所に応じて階層的に振られているから可能なのである。これがもし住所は他と重複しなければ自由に選んでつけてもよいなどという制度であったらどうなただろうか？

「ぼくんちは、小高い丘の上であって、周りは緑も豊富ななあ…。ふうむ…。この間カヌーも買ったところだし。よし、じゃあぼくの住所は小宮市緑が丘カヌー250000にしよう」などと言っている家の隣の家で「ワタシハアメリカジナノデエイゴノジュウショガ イデスネエ。ドジャースノノモ ガスキデス。Well,,,デハ ジュウショハ Nomo 16, Dodgers City, Great United States of America! ニスルデス」などということになったら大変である。郵便配送のシステムは今の何億倍も複雑になり、べらぼうに高い郵便料金をとられてしかるべきであろう。

また、せっかく都道府県と市区町村できれいに区分けして住所を決めたとしても、「ぼくは今の自分の住所が気に入っているから、引っ越してもこのままの住所を使いたい!」と言いながら、東京都千代田区三

番町1-4に住んでいた人がその住所を持ったまま大阪府吹田市あたりに引っ越ししてしまったらどうなるだろう？ これにより2つの問題が起こる。

1. 東京都千代田区三番町では、その人が引っ越しを行った後、1-4という番地を使うことができなくなる。
2. 東京都千代田区三番町1-4宛の郵便を、大阪府吹田市まで届けるための仕組みが必要になる。

これまた郵便のシステムは今の何兆倍も複雑になり、目の玉が飛び出るくらいの郵便料金を払うはめになるだろう。これとまったく同じことが実はIPアドレスの割り当てにも言えるのである。

## インターネットレジストリー

さて、ではインターネット上で現在の地番制度のようにきれいに整理されたアドレスの割り当てを行うためにはどうすればよいだろうか？

インターネットレジストリー（IR: Internet Registry）とは、IPアドレスのようなインターネット上の有限な「資源」を有効に活用するために、これらの管理やインターネット接続組織に対する割り当てを行うための機構である。

インターネットレジストリーの構成や実際の「資源」の割当方式は、取り扱う「資源」によって異なる。これはそれぞれの「資源」の持つ特質によるものである。また同じ「資源」であっても、時代の要請に応じてその管理や割り当ての方式は変化す

る。IPアドレスのレジストリーのサービスは、階層的な組織のもとで行われており、図1のようにIANA、地域IR、ローカルIRにより構成されている。

- IANA（Internet Assigned Number Authority）は、IPアドレスを含むインターネット上で用いられるすべての番号に関して権限を持つ組織。IANAはIPアドレス空間の一部を必要に応じて地域IRに対して割り当てる。
- 地域IR（Regional IR）は、大陸などの比較的大きな地域でのレジストリーサービスを行う。現在は、InterNIC、RIPE NCC、APNICの3つの地域IRがある。InterNICは北米地域を、RIPE NCCはヨーロッパを、APNICは、アジア・環太

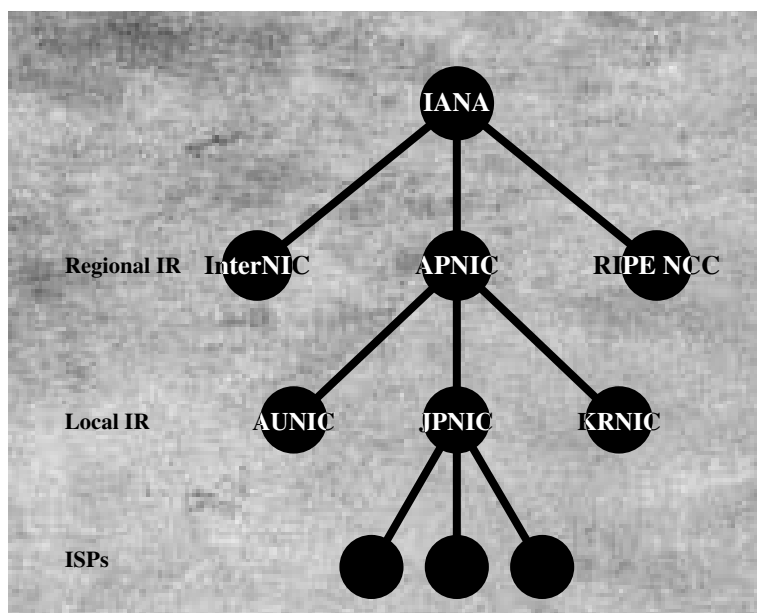


図1 IRの組織構成

平洋地域をそれぞれ管轄している。これらのいずれにも属さない地域に関しては最寄りの地域IRの管轄となる。地域IRは、IANAから割り当てを受けたIPアドレスを、その地域のローカルIRや、また、ローカルIRがない国の場合には、その国のインターネットサービスプロバイダー（ISP）に対して割り当てを行う。

- ローカルIR（Local IR）は、通常は国単位で作られるレジストリーであり、いずれかの地域IRの管理下に置かれる。ローカルIRは管轄の地域IRからIPアドレスの割り当てを受け、それぞれの管轄する国の中でのIPアドレスの管理と割り当てを担当する。ローカルIRは通常の場合はそのIRが管轄する国の中でサービスを提供するISPにアドレスのブロックを割

り当てる。

たとえば日本では、日本ネットワークインフォメーションセンター（JPNIC）が、アジア・環太平洋地域の地域IRであるAPNICの管理下で、日本国内でのIPアドレスのレジストリーサービスを行うローカルIRの機能を受け持っている。



さて、これでIPアドレスを階層的な組織のもとで割り当てることができるようになった。階層的な組織構造でアドレス割り当ての処理を行うことにより処理にかかる負荷が各地域や国に分散され、全体的に効率良くアドレスの割り当てができるようになる。たとえばもしJPNICやAPNICが存在しなかったならば、アドレスの割り当てを受けるためにはいちいちIANAのような中央

の組織に申請しなければならない。当然申請は英語でしなければならないし、申請の処理にもかなりの時間を要するだろう。

さらに、このような階層的な組織構造をとることによってCIDR（Classless Inter-Domain Routing）方式に基づいたアドレスの割り当てが容易になる。現在のIPv4のアドレスを有効に利用していくために考案されたCIDRのメリットには以下のものがある。

1. 従来のクラスの境界に縛られず、適正な大きさのアドレス空間の割り当てができる。
2. ネットワークのトポロジーに応じて経路情報の集成を行うことができ、インターネット全体に流れる経路情報の量を減らすことができる。

では、実際にCIDRに基づくアドレスの割り当てや、経路情報の集成はどのように行われているのだろうか。

CIDRによるアドレス割り当ての委任（delegation）と経路情報の集成（aggregation）

先ほどの郵便の例との大きな違いは、郵便の配送は地理的な位置に依存するのに対して、IPパケットの配送はネットワークのトポロジーに依存するという点である。したがってIPアドレスの割り当ては、ネットワークのトポロジーを意識した上で行われなければならない。その配送システムを効率の良いものにすることはできない。では上記の階

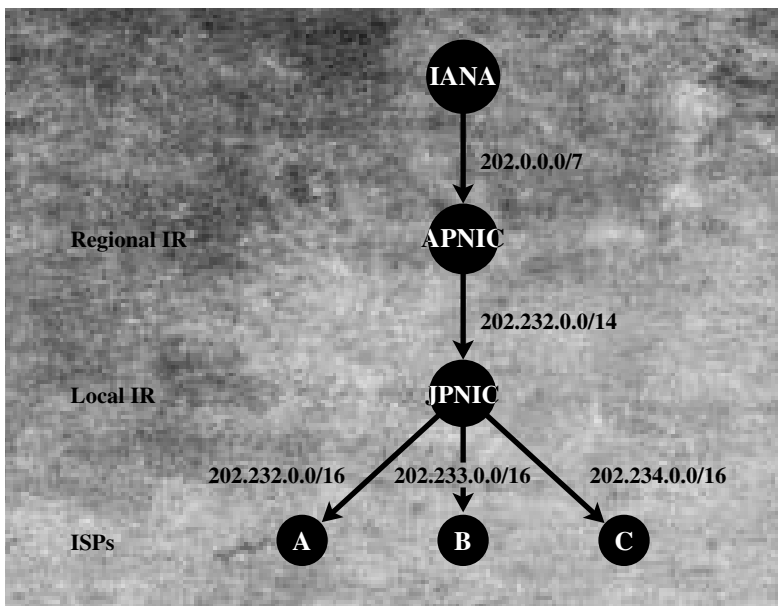


図2 IPアドレス割り当ての流れ

層的な組織のもとで、実際にどのようにネットワークポロジを意識したアドレスの割り当てが行われるのだろうか？ 図2に、IPアドレスの割り当ての流れの例を示す。

まずIANAは202.0.0.0/7というアドレスのブロックをアジア環太平洋地域で使われるものとして、地域IRであるAPNICに割り当てる。この202.0.0.0/7という表記は何度も出てきているのもう大丈夫だと思うが、202.0.0.0から203.255.255.255までのアドレスを表す表記である。またここで注意してほしいのは、IANAからAPNICへのアドレスの割り当ては、APNIC自身が用いるアドレスを割り当てているわけではないということだ。APNICがさらに下位の組織に対して割り当てを行うためのアドレスを割り当てているのである。このような場合、割り当てとはいわずに委任（delegation）と言うことにする。

さて、次にAPNICはこの202.0.0.0/7というブロックの中から、202.232.0.0/14というアドレスブロックを日本で用いられるものとして、日本のローカルIRであるJPNICに委任を行う。

JPNICはさらに国内のISPに対して、202.232.0.0/14というブロックの中から202.232.0.0/16をISPAに、202.233.0.0/16をISPBに、202.234.0.0/16をISPCにそれぞれ委任する。ISPA、B、Cは、それぞれが委任を受けたアドレスブロックの中から、それぞれに接続される組織に対してアドレスの割り当てを行う。

このような割り当ての方式をとることによって、先の郵便の例と同様なことが行える。すなわち、アドレスの最初の数ビット

を見るだけでそのアドレスが北米、ヨーロッパ、アジアのどの地域で用いられているものかがわかり、その後ろの数ビットを見ればそれがどの国で用いられているものかがわかり、さらにそれに続く数ビットを見ればそれがどのISPに接続されている組織に割り当てられているかがわかるのである。

さて、いったん上記のような方式でアドレスの割り当てが行われれば、それらのアドレスを持つネットワークに対する経路情報はISP単位で集成（aggregate）することができる。たとえば上記の例では、ISPAやBやCは、それぞれが委任を受けているアドレスブロックから接続組織に対して割り当てを行う。たとえばISPAは、202.232.0.0/24を組織1に、202.232.1.0/25を組織2に割り当てたとする。このときISPAの内部では、これらの細かい経路情報を流す必要があるが、ISPAから外部に対しては、202.232.0.0/16のみ流せばよい。すなわち202.232.0.0/16で表現されるすべてのアドレスがISPAの内部にあることが保証されているからである。202.232.0.0/16は、256個のクラスCのネットワークアドレスに相当するが、もしこれが仮に256個のバラバラなクラスCのアドレスだったとすれば、ISPAは外部に対して256個のクラスCに対する経路情報を流さなければならない。このように、CIDRに基づくアドレスの委任と経路の集成がうまく働かなければ、この例では256倍もの経路情報をISPAは外部に対して流さなければならなくなるのである。

以前は、IPアドレス自体、階層的な構造を持つものとしては扱われていなかった。

このような階層的なアドレスの割り当て方式は、アドレスの枯渇問題や、経路情報の爆発的増加問題を緩和するためにCIDRが提案されてからのものであり、つい2～3年前から始められたものである。

したがってそれ以前に割り当てられたアドレスは、ここで述べたような階層的な割り当てはされておらず、経路の集成もうまく行うことができない。理想的にはそのようなCIDR以前に割り当てられたアドレスは返却して、接続しているISPに委任されているアドレスの中から改めて割り当てを受けるべきである。

CIDRの効果を最大限に引き出し、現在のIPv4のアドレス空間を少しでも長く利用し続け、次の世代のIPv6の設計とそれに関わる研究開発にあてられる時間を少しでも長くすることが結果的に将来のインターネットの発展に大きく貢献することになるのである。

## プライベートアドレス

IPv4のアドレスを有効に利用していくためのもう1つの手段として、RFC1597により提案されているプライベートアドレスがある。インターネットに接続を持たないネットワークは、当然他の組織からインターネット経由で到達できる必要がない。とはいえ、組織内部のLANを構築するためにはどうしてもIPアドレスは必要となる。このような場合に、IRやISPからアドレスの割り当てを受けることなしに使用することができるアドレスがRFC1597によって予約されている。

RFC1597 によって、自由に利用することができるアドレスは以下のとおりである。

- 10.0.0.0 -- 10.255.255.255
- 172.16.0.0 -- 172.31.255.255
- 192.168.0.0 -- 192.168.255.255

上記のアドレスであれば、組織内部で自由に利用して構わない。ただしこれらのアドレスを用いているネットワークに対する経路情報をインターネット上に流すことはできない。このプライベートアドレスを利用した典型的な形態としては、ファイアウォールを用いて、組織のネットワークをインターネットから直接接続されない部分と、インターネットから直接接続可能な部分とに分けるような場合がある。つまり、ファイアウォールの内側ではプライベートアドレスを用い、ファイアウォールの外側にある限られた数のホストでは、IR やISP から割り当てを受けたアドレスを用いるという方式である。この方式により、次の2つのメリットが期待できる。

1. プライベートアドレスに対する経路情報はインターネット上を流れないので、ファイアウォールの内側のホストには外部から直接アクセスできなくなる。

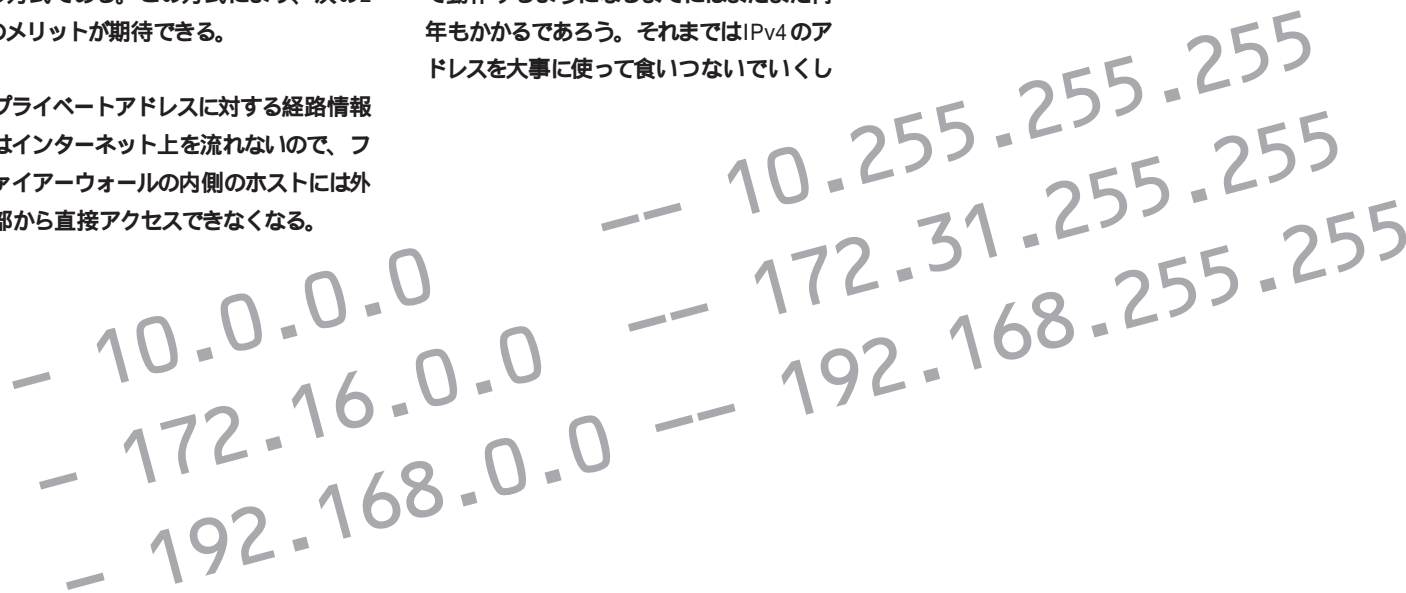
2. インターネットに対して直接アクセスできるホストにのみグローバルなIPアドレスの割り当てがされるので、グローバルなアドレスの消費を必要最小限に抑えることができる。

つまりセキュリティ的にも強くなり、アドレスの節約にも貢献できるという一石二鳥のメリットがあるのである。



IP アドレスに関する状況は年々厳しくなってきたと言ってもよい。これは、IP アドレスの個数が限られているのに、それを利用する組織が爆発的に増えているという状況から考えると仕方がないことである。IPv6 により、この状況が解決されることが期待されているが、先に述べたように、IPv6 の仕様が固まり、すべての機器でサポートされ、関係するソフトウェアが安定して動作するようになるまでにはまだまだ何年もかかるであろう。それまではIPv4 のアドレスを大事に使って食いつないでいくし

かないというのが現状なのである。これは水不足のときには水を節約するというのとまったく同じことで、この意味でもインターネットは社会の縮図と言ってもいいだろう。みんなが住みやすいインターネットを築いていくために、みんなで協力し合わなければならないのである。





## [インターネットマガジン バックナンバーアーカイブ] ご利用上の注意

このPDFファイルは、株式会社インプレスR&D(株式会社インプレスから分割)が1994年～2006年まで発行した月刊誌『インターネットマガジン』の誌面をPDF化し、「インターネットマガジン バックナンバーアーカイブ」として以下のウェブサイト「All-in-One INTERNET magazine 2.0」で公開しているものです。

<http://i.impressRD.jp/bn>

このファイルをご利用いただくにあたり、下記の注意事項を必ずお読みください。

- 記載されている内容(技術解説、URL、団体・企業名、商品名、価格、プレゼント募集、アンケートなど)は発行当時のものです。
- 収録されている内容は著作権法上の保護を受けています。著作権はそれぞれの記事の著作者(執筆者、写真の撮影者、イラストの作成者、編集部など)が保持しています。
- 著作者から許諾が得られなかった著作物は収録されていない場合があります。
- このファイルやその内容を改変したり、商用を目的として再利用することはできません。あくまで個人や企業の非商用利用での閲覧、複製、送信に限られます。
- 収録されている内容を何らかの媒体に引用としてご利用する際は、出典として媒体名および月号、該当ページ番号、発行元(株式会社インプレス R&D)、コピーライトなどの情報をご明記ください。
- オリジナルの雑誌の発行時点では、株式会社インプレス R&D(当時は株式会社インプレス)と著作権者は内容が正確なものであるように最大限に努めましたが、すべての情報が完全に正確であることは保証できません。このファイルの内容に起因する直接のおよび間接的な損害に対して、一切の責任を負いません。お客様個人の責任においてご利用ください。

このファイルに関するお問い合わせ先

**株式会社インプレスR&D**

All-in-One INTERNET magazine 編集部

[im-info@impress.co.jp](mailto:im-info@impress.co.jp)