

災害発生時に電子メール環境を再構築する方式の提案

山崎浩司 伊藤将志 渡邊晃

名城大学大学院理工学研究科

災害発生時に適切な判断を行い、二次被害を防止するためには、現在の被災状況、知人の安否、避難所などの情報を確実に入手する必要がある。しかし多くの人が通信を行うのでネットワークの輻輳が発生し、通信ができなくなる。また大災害時には通信インフラ自体が破壊されることも考える必要がある。このような課題に対処するため、通信インフラを迅速に再構築し、かつ被災者が特殊な設定や操作が不要な災害通信システムを提案する。インフラの再構築には、独自のメッシュネットワークWAPL(Wireless Access Point Link)を用い、さらに代行メールサーバ(SMS:Substitute Mail Server)を設置する。被災者はWAPLやSMSの存在を意識せずにメール通信が可能である。

A Proposal of Method for Reconstruction of an E-mail Environment in a Time of Disaster

Koji Yamazaki, Masashi Ito, Akira Watanabe

Graduate School of Science and Technology, Meijo University

When a disaster occurs, many people are trying to confirm the safety of disaster victims, so networks sometimes become congestion states. Also, at the time of calamity, network infrastructure may break down. To deal with the case, we propose a disaster communication system, which can rapidly reconstruct the network infrastructure, and do not force victims unusual operations. We apply WAPL (Wireless Access Point Link), that is an original mesh network system, and SMS (Substitute Mail Server) that works as a mail server. Victims do not need to be conscious of the existence of WAPL and SMS.

1. はじめに

地震や津波などの大災害発生時には、適切な意志決定を行い、二次被害を最小限に留めることが重要である。被災者自身が自分の置かれた状況を的確に判断し有効な処置を取るためには、信頼できる公的機関から確実に情報を入手でき、かつ被災地内外の人々が情報を交換できることが不可欠である。このため大災害後の通信手段として、さまざまな通信サービスの提供が行われてきている。

我が国においては阪神・淡路大震災後、災害対策に関するサービスの提供や研究が活発に進められるようになった。災害時の安否確認の連絡手段で現在実用化されているものとして災害用伝言ダイヤル[1]と携帯用伝言板[2][3][4][5]があげられる。災害用伝言ダイヤルでは、被災者は電話

網を用い安否情報等をボイスメールで保存する。しかし電話網は輻輳が発生しやすいうえ、災害時に通信事業者により通信規制がかけられることがある。一方携帯用伝言板サービスは、携帯電話事業者間の連携がとられていないのが現状であり運用の統一性確保が重要な課題である。また、両者とも被災者がそのシステムの存在を知らなければ使用できず、仮にこれらのサービスの存在を認識していても、利用するには通常時と異なる操作が必要なためユーザが上手く活用できない可能性がある。一方、企業向けのシステムとしては、商用の安否確認サービスが存在する[6]。このシステムでは、災害が発生すると事前に登録を行った社員に対して安否確認メールを一斉送信する。しかし、事前登録が必須でありかつ有償のサービスのため、万人が利用できるものではない。上記いずれの方式においても、通信インフラが破

壊されると利用できない。通信インフラの構築が可能なものとしては、研究段階のものとして無線メッシュネットワークを用い、被災地に一時的な通信インフラを再構築するシステムがある[7][8]。しかし、被災者間で利用できるアプリケーションまで考慮したものは少ない。

本研究では被災によって通信手段が確保できない場合に備え、既存のサービスが復旧するまでの間利用する応急の通信インフラを短時間で構築し、通信が途絶した地域に対し被災者が使いやすい通信環境を提供することを目的とする。通信環境の再構築には、無線メッシュネットワーク WAPL(Wireless Access Point Link)[9] [10]を適用する。被災地にアクセスポイントを適切に設置することにより、一時的にIP網の通信インフラを構築する。

さらにこの環境下において代行メールサーバ SMS(Substitute Mail Server)を設置し、被災地内外でのメール交換を可能とする。被災者間で行える通信を、キャラクタベースのメール通信のみに限定することにより、トラヒックの輻輳を防止する。被災者は本提案システムの存在を知らなくても通常のメール操作で情報交換ができる。普段利用しているメールサーバが被災によって利用不能になった場合でもメール通信が可能である。更にサービス提供者側からの災害情報をメール形式で受け取ることができる。なお本提案は無線 LAN が普及し、多くの端末に無線 LAN インタフェースが内蔵されていることを前提とする。

以下、2 章では既存システムとその課題について整理し、3 章では WAPL と SMS を用いた提案システムのモデルについて記述、4 章では SMS を利用したメール通信、5 章で評価を行い、最後に 6 章でまとめる。

2. 既存の技術とその課題

現在実用化されて全国的に利用できる災害時の連絡手段としては、災害用伝言ダイヤルと携帯電話を用いた災害用伝言板サービスの二つがある。これらのシステムの概要とその課題について説明する。

災害用伝言ダイヤルは NTT が提供しているシステムで、電話網を使って安否情報等をボイスメールで保存して伝達する。ユーザは電話番号をキーに、安否情報の登録や伝言の再生を行う。音声保存用のメールボックスは電話番号の下三桁の違いにより全国に分散されるようになっており

トラヒックの集中を緩和する工夫がされている。しかし電話網は構造上輻輳が発生しやすいうえ、災害時に公的通信を優先するため、一般ユーザに対して通信規制がかけられることがある。

携帯用伝言板サービスは被災地内のユーザが、定型メッセージと任意の 100 文字のコメントを携帯 Web 上に登録するサービスである。相手の安否を知りたいユーザは、携帯端末の電話番号をキーとしてメッセージの確認を行う。安否情報の閲覧は、インターネットからも可能である。しかし各携帯電話事業者が個別にサービスの提供を行っているため、事業者間の連携による運用の統一性確保が課題である。

災害用伝言ダイヤル、携帯電話を用いた災害用伝言板サービスの両者に共通する課題としては、被災者がそのシステムの存在を知らなければ使用できない。その上、仮にこれらのサービスの存在を認識していても、利用するには通常時と異なる操作が必要なためユーザが上手く利用できない。また、特定のサイトへアクセスしてサービスを利用するので、通信インフラが破壊されると利用できない。新潟県中越地震クラスの地震が発生した場合、全国で 6 万もの集落が孤立する可能性があるといわれており [11]、ライフラインとなる通信環境を迅速に再構築することは重要な課題である。

3. 提案システム

3.1. ねらい

2 章での課題を受け、本研究では以下のようないくつかのシステムの実現を目指す。

- (1) ネットワークが利用できない状況にも対応できるように、被災地内に IP 網を構築し迅速に通信インフラを提供する。
- (2) 被災者が災害用通信網の存在を意識することなく、日常的に利用しているシステムを用いて情報のやりとりを可能とする。具体的には、通常時と同様の手順で被災地内外でのメール通信が行えるようにする。

上記目標を実現するため、まず被災地内に、WAPL を用いて応急の IP 網を構築する。さらにこの環境を用いて、代行メールサービスを提供する。本環境下で被災者が行える通信をキャラクタベースの通信のみに限定することにより輻輳が発生しにくいネットワークを構築する。

3.2. WAPL による IP 網の構築

WAPL の構成例を図 1 に示す。WAPL で使用するアクセスポイントを WAP と呼ぶ。WAP はインターフェースを二つ持ち、WAP 間はアドホックモードにより結合し、配下の端末に対してインフラストラクチャモードの通信を提供する。WAP 間通信用のルーティングプロトコルは自由に選択することが可能で、MANET (Mobile Ad-hoc Networks)[12] で検討されているプロトコルをそのまま適用することができる。WAP は Ethernet を完全にエミュレートしており、端末は特殊な機能を保持する必要がない。端末からは WAPL 全体が一つの LAN に見え、WAPL 内を自由に移動できる。WAP は基本機能の実装と確認を終えており、今後 WAP に様々な機能を搭載していくことが可能である。

災害発生後、被災地内（以下、内部）での通信が困難になると、WAP を現地に人手などで配置し、無線メッシュネットワークを構築する。WAPL と被災地外（以下、外部）との通信を確立するには外部接続用 WAP（以下 EWAP:Extended WAP）が必要である。EWAP には DNS サーバ、DHCP サーバ、デフォルトゲートウェイ機能を搭載する。デフォルトゲートウェイは何らかの手段で外部と接続しているが、この方法については本研究の範囲外である。なお、WAPL はデフォルトゲートウェイを分散設置することも可能である。

3.3. 代行メールサーバ SMS の概要

SMS とは、メール通信を提供する代行メールサーバである。SMS は、内部の端末に対してメール通信環境を提供する。図 2 に被災地内外のメールサーバの配置を示す。内部の端末 A1 がメール通信を行う上で想定される状況を考えると A1 のメールサーバが外部に存在し正常に動作している場合(a)と、端末 A1 のメールサーバが内部にあり被災のため接続不能な場合(b)に分けられる。端末 A1、端末 A2、SMS はそれぞれ最近接の WAP と接続している。端末 A1,A2 は SMS 内にメールボックスを作成し、それを利用して被災地内外でのメールのやりとりを行う。メールボックスの生成の方法は 4.2 節で記述する。端末 B1 と、端末 B1 が通常利用しているメールサーバ B1 は、外部に存在し、正常に動作しているものとする。ここで外部の端末 B1 のメールサーバが被災地内部に存在する場合も想定できるが、今回はこ

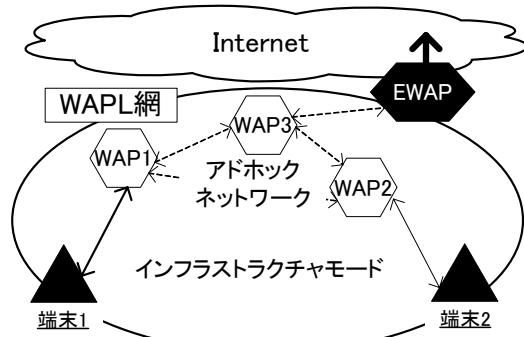


図 1 WAPL の構成例

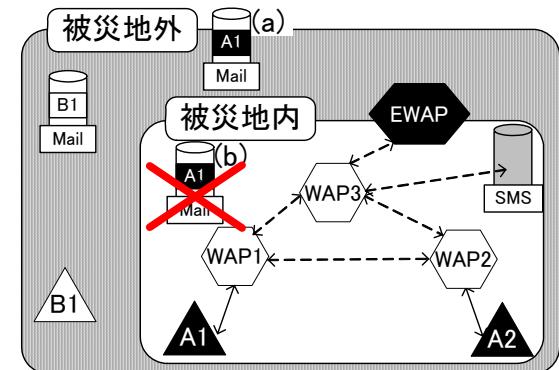


図 2 被災地内外のメールサーバの配置

のようなケースは考慮しない。次章では本モデルを踏まえ、被災地内外で起こりうるメール通信を整理し、SMS を用いたメールの送受信方式について記述する。

4. SMS

4.1. メール通信の分類

端末 A1 が実現すべきメール通信を表 1 に表す。以後、内部→内部へのメール通信を“被災地内メール”，内部→外部へのメール通信を“外部宛メール”，外部→内部へのメール通信を“内部宛メール”と呼ぶ。表 1 の中で最も検討を要するのは内部宛メールであるため、内部宛メールの条件を更に分類する。図 2(a)のように A1 のメールサーバが外部に存在し正常に動作している場合は、端末 B1 は通常の動作で端末 A1 に対してメールを送信すればよい。(b)のように端末 A1 のメールサーバが内部にあり被災のため接続不能な場合は SMS を代理のメールサーバとして用いる。この場合は、端末 A1 が事前に端末 B1 宛に外部宛メールを送付しておき、端末 B1 に対して SMS を利用していることを伝える必要がある。端末 B1 は SMS に対してメールを送信することにより、

表 1 端末 A1 が実現すべきメール通信

	送信元	宛先
被災地内メール	A1	A2
	A2	A1
外部宛メール	A1	B1
内部宛メール	B1	A1

端末 A1 への内部宛メールを実現することができる。内部宛メールの受信方法については 4.4 節で記述する。

4.2. 端末の立ち上げ

図 3 に内部端末の立ち上げ手順と、代行メールボックス生成までのシーケンスを示す。WAP は適切な配置を終え、ネットワーク環境が既に構築されているものとする。端末の電源を入れると、端末は DHCP サーバに対して IP アドレスを要求する。この要求は最寄の WAP を介し、EWAP 内の DHCP サーバまで届く。端末は IP アドレスと共に、EWAP 内のデフォルトゲートウェイ、DNS サーバの IP アドレスを取得する。

次に代行メールボックスの生成手順を示す。内部の被災者端末は通常の手順でメールを送信する。端末が接続している WAP は宛先ポート番号が 25 番、または 587 番のときメール送信のセッション開始を検知し、このセッションの間、パケットの宛先を SMS の IP アドレスへと強制的に変更する。このとき IP ヘッダのチェックサム、TCP ヘッダのチェックサムも同時に書き換える。上記動作により被災地内の端末がメールを送信する場合、必ず SMS を通してメールを送信することになる。端末からの最初のメール送信要求を受け取った SMS は、端末の送信元メールアドレスを名前とした SMB(Substitute Mail Box)を新規に作成する。ただし端末が SSH(Secure Shell) や IPsec(Security Architecture for Internet Protocol)などのセキュリティプロトコルを用いてメールの送信を行っている場合、SMB を作成することができない。SMS の管理者は内部ユーザが作成した SMB に向けてメールを送信することができる。SMB のパスワードは、端末の MAC アドレスを用いる。MAC アドレスの情報は WAP 経由で入手することが可能であり、内部ユーザが意識する必要はない。

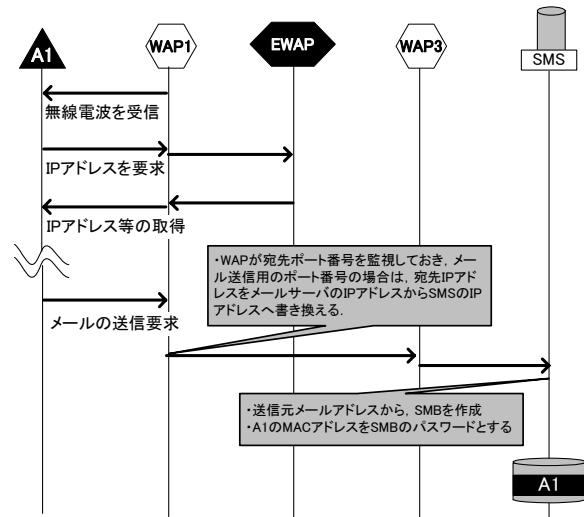


図 3 端末と SMS の接続シーケンス

4.3. SMS を用いたメールの送信

端末 A1 からのメールを受け取った SMS は、宛先メールアドレスに対応する SMB が存在するかどうかを確認する。SMB が存在するとき、SMS は被災地内メールとみなし、宛先 SMB に対してメールを転送する。宛先に対応する SMB が存在しない場合、SMS は外部宛メールとみなし、メールを B1 のメールサーバに送信する。このとき、外部に存在する端末に対して SMS を利用していることを知らせるために、SMS はメールのメッセージの末尾に、SMS を利用している旨と、対応するメールアドレス (SMA:Substitute Mail Address) を挿入する。端末 A1 から端末 A2 への被災地内メールにおいて、端末 A2 の SMB が事前に SMS 内に作成されていない場合もある。

この状況は、端末 A2 のメールサーバが被災地外に存在し接続可能な場合、端末 A2 のメールサーバが被災地内にあり接続不能な場合に分類できる。端末 A2 のメールサーバが被災地外に存在する場合、SMS は、端末 A1 から端末 A2 への被災地内メールを外部に存在する A2 のメールサーバへ送付する。端末 A2 は端末 A1 からのメールを内部宛メールとして受信できる。端末 A2 のメールサーバが被災地内に存在しており接続不能な場合、端末 A1 から端末 A2 への被災地内メールはメールサーバの機能により、一時的に配達不能なメールとして処理され、一定の間メールの再送が行われる。この間に端末 A2 がメールを送信し SMS 内に SMB を作成すると、端末 A1 からの被災地内メールを受信できる。

4.4. SMS を用いたメールの受信

図4に端末A1がSMSを利用してメールを受信する方法を示す。端末A1は、被災地内メールについてはSMS経由で受信し、内部宛メールについては普段利用しているメールサーバ経由とSMS経由の両者でメールを受信する必要がある。このとき、被災者がメールサーバとの間を暗号化している場合も考慮する必要がある。以下に上記を実現するための方法を述べる。

図4において、被災地内の端末A1がメールの受信を行うとき、WAP1は宛先ポート番号を監視し、ポート番号が110番のとき、メール受信のセッションが開始されたことを検知する。WAP1はメール受信要求を、セッションごとにパケットをそのまま通す場合(外部に存在するメールサーバからメール受信する場合)とSMSへ接続を行う場合(SMSからメール受信する場合)とに分ける。この動作により、端末A1は被災地内メールと内部宛メールの両者を受信できる。ただし被災者は2回以上メール受信動作を繰り返す必要がある。このようにする理由はA1とA1のメールサーバ間がエンドエンドで暗号化を実施している場合にも対応するためである。SMSからメールを受信する場合は、WAPがパケットの宛先IPアドレスをSMSのIPアドレスへと変更する。この動作によって被災地内の端末がメールを受信する場合、SMSに対してメールの受信要求をすることになる。受信要求を受け取ったSMSは、MACアドレスによる認証のみを行う。その後端末A1は、事前に作成しておいたSMB内に届いたメールを受信する。

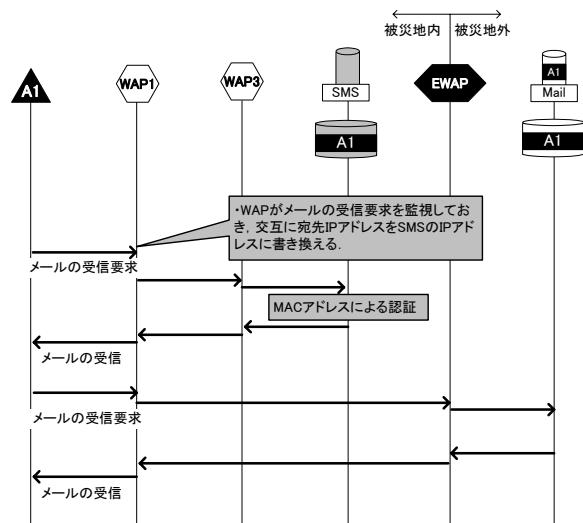


図4 被災地内メール、内部宛メールの受信方式

今回的方式では、端末が宛先ポート番号110番を利用したメールの受信方式、例えば平文での認証や、APOPでの認証[13]、AUTHコマンドを用いた認証[13]、STLSメッセージを用いた通信経路の暗号化[14]などメールサーバ側からのメッセージがトリガとなってパケットのペイロードレベルで暗号化が行われる方式には対応可能である。ただし端末がSSH(Secure Shell)やIPsec(Security Architecture for Internet Protocol)などのセキュリティプロトコルを用いてメールサーバからの受信を行っている場合、SMSからメールを受信することはできない。

5. 評価

既存システムと提案システムの比較を表2に示す。“インフラの再構築”に関して、NTT災害用伝言ダイヤルと携帯用伝言板サービスはインフラが使えない状況ではシステムを利用することができないが、本システムでは通信が途絶した地区に対して、一時的に利用可能なIP網を構築し通信を可能としている。“トラヒックの輻輳”に関して、NTT災害用伝言ダイヤルは電話網を利用するためにトラヒックが輻輳しやすく、通信事業者の通信規制により使えなくなることがある。携帯用伝言板と提案システムはキャラクタベースのパケット通信であり、また提案システムでは、被災者間の通信はキャラクタベースの通信のみを許可することによりトラヒックの輻輳を抑えることができる。“システムの利用しやすさ”に関して、NTT災害用伝言ダイヤルと携帯用伝言板サービスは、被災者がシステムの存在を知らなければ利用できないが、本提案システムでは、メールという通常の手順をそのまま利用でき、さらにメールの形式で災害情報を取得することができる。”システムの準備時間”に関してNTT災害用伝言ダイヤルと携帯用伝言板サービスは、特別な準備は必要ないが、提案システムでは被災地にWAPを持ち込み適切に配置する作業が必要である。

表2 既存システムと提案システムの比較

	災害用伝言ダイヤル	携帯用伝言板サービス	提案システム
インフラの再構築	×	×	○
トラヒックの輻輳	×	○	○
システムの利用しやすさ	×	×	○
システムの準備時間	○	○	×

6. むすび

通信途絶地域に対し、WAPL を用いて IP 網による通信インフラの構築を行い、代行メールサーバ SMS を用いて、被災地内部、外部間でメール通信を可能とするシステムを提案した。本システムを適用することにより、通常利用しているメールサーバが破壊された場合も含めて、被災者は通常時と同様の手順で、メールの送受信が可能となる。さらに SMS 内にメールボックスを作成したユーザに対して、メール形式で、災害情報を提供することも可能である。今後は、提案方式の実装と、動作検証を行う予定である。

参考文献

- [1] <http://www.ntt-west.co.jp/dengon/>
- [2] <http://www.nttdocomo.co.jp/info/disaster/>
- [3] <http://www.au.kddi.com/notice/dengon/index.html>
- [4] [http://mb.softbank.jp/scripts/japanese/inf or mation/dengon/index.jsp](http://mb.softbank.jp/scripts/japanese/inf ormation/dengon/index.jsp)
- [5] <http://dengon.willcom-inc.com/>
- [6] <http://www.secomtrust.net/service/ekakus in/anpi.html>
- [7] 間瀬憲一，“大規模災害時の通信確保を支援するアドホックネットワーク”，電子情報通信学会誌，Vol.89，No.9，pp796-800，Sep.2006.
- [8] 大和田泰伯，鈴木裕和，岡田啓，間瀬憲一，“中山間地におけるメッシュネットワーク：山古志ねっとの構築”，電子情報通信学会総合大会，BS-5-1，pp.S27-S28，Mar.2007.
- [9] 伊藤将志，鹿間敏弘，渡邊晃，“無線メッシュネットワーク” WAPL の提案とシミュレーション評価”，情報処理学会論文誌，Vol.49，No.6，June 2008. 掲載予定
- [10] 加藤佳之，伊藤将志，渡邊晃，“無線アクセスポイントリンク” WAPL の提案と評価”，マルチメディア，分散，協調とモバイル（DICOMO2007）シンポジウム論文集，情報処理学会シンポジウム，Vol.2007，No.1，pp.1-8，June 2007.
- [11] 中沢淳一，高橋謙三，“情報通信ネットワークの災害対策”，電子情報通信学会誌，Vol.89，No.9，pp782-786，Sep.2006.
- [12] <http://www.ietf.org/html.charters/manet-c harter.html>
- [13] J. Myers, "POP3 AUTHentication command", RFC1734, Dec.1994.
- [14] C. Newman, "Using TLS with IMAP, POP3 and ACAP", RFC2595, June 1999.

災害発生時に電子メール環境を 再構築する方式の提案

名城大学大学院理工学研究科
山崎浩司, 伊藤将志, 渡邊晃

はじめに

大災害発生時(地震や津波)

- 被災地内部、外部の人による安否確認通信
 - ネットワークトラヒックが輻輳
- 被災による基地局の倒壊や、通信ケーブルの切断
 - 通信環境自体が機能しない
- 被災後の通信手段の確保は重要な課題

無線LAN環境を即座に構築し、普段利用する
メール機能をそのまま利用できる方法を検討

既存の災害サービスの紹介と課題

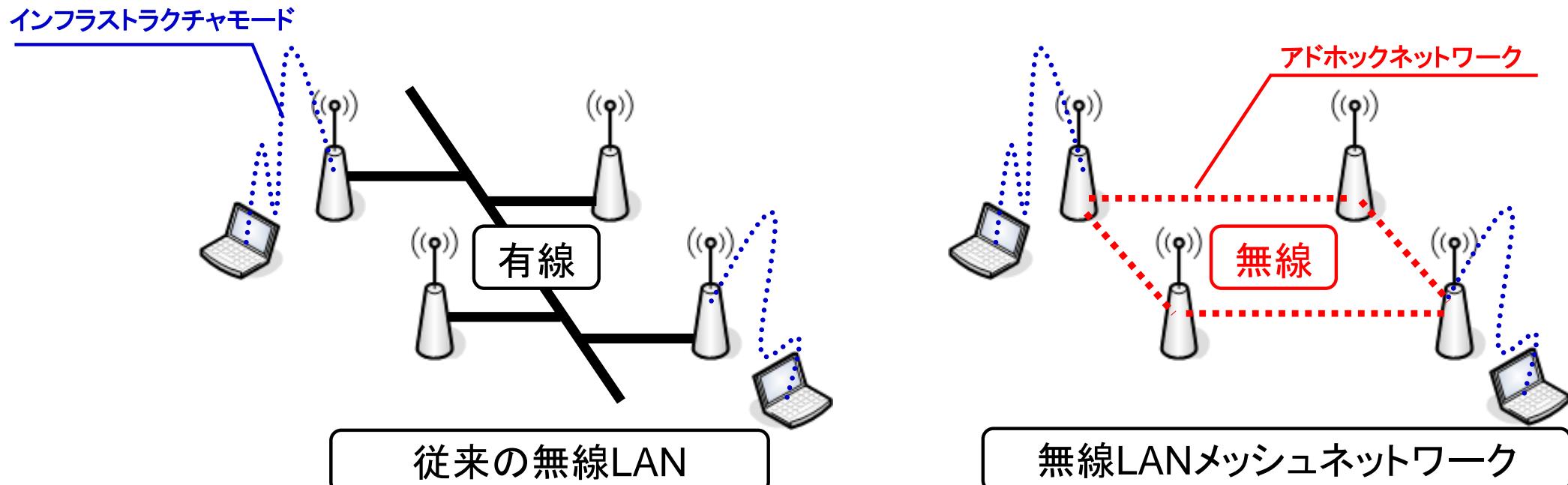
- NTT災害用伝言ダイヤル
 - 被災者が、全国に設置されたデータベースにボイスメールを登録し、登録内容を第三者が確認
 - 電話網は回線交換方式のため輻輳が発生しやすい
 - 緊急を要する通信を優先、一般ユーザに対して規制が行われる
- 携帯電話を用いた災害用伝言板サービス
 - 各通信事業者が用意したデータベースへ定型メッセージとコメントを登録、登録内容を第三者が確認
 - 通信事業者間の運用の統一性確保
- 共通の課題
 - 存在を知らなければ、これらのサービスは利用できない
 - 通常時と異なる操作が必要
 - 特定のサイトへアクセスしてサービスを利用するので、通信インフラが破壊されると、利用できない

提案システムの目標

- ネットワークが使えない状況に対応
 - 被災地内に無線LANを適用、IP網を構築し、被災者に対して応急の通信インフラを提供
- 特殊な設定や操作が不要な災害時サービスを提供
 - 無線LANインターフェース内蔵されることを考慮
 - 被災者が、普段と同様の手順で被災地内外へメール送受信が可能

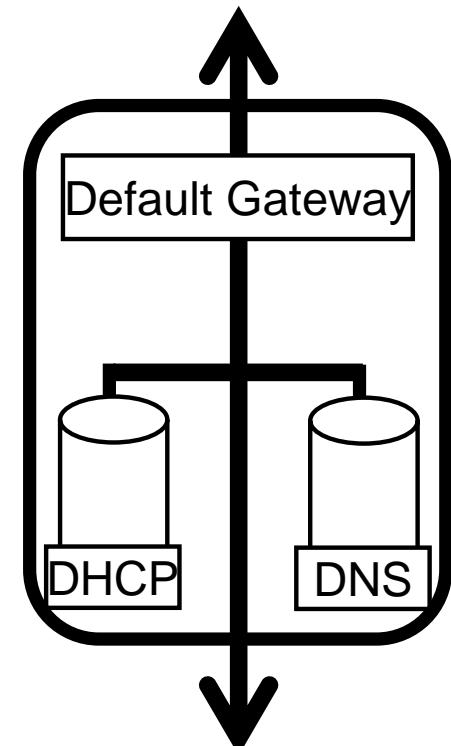
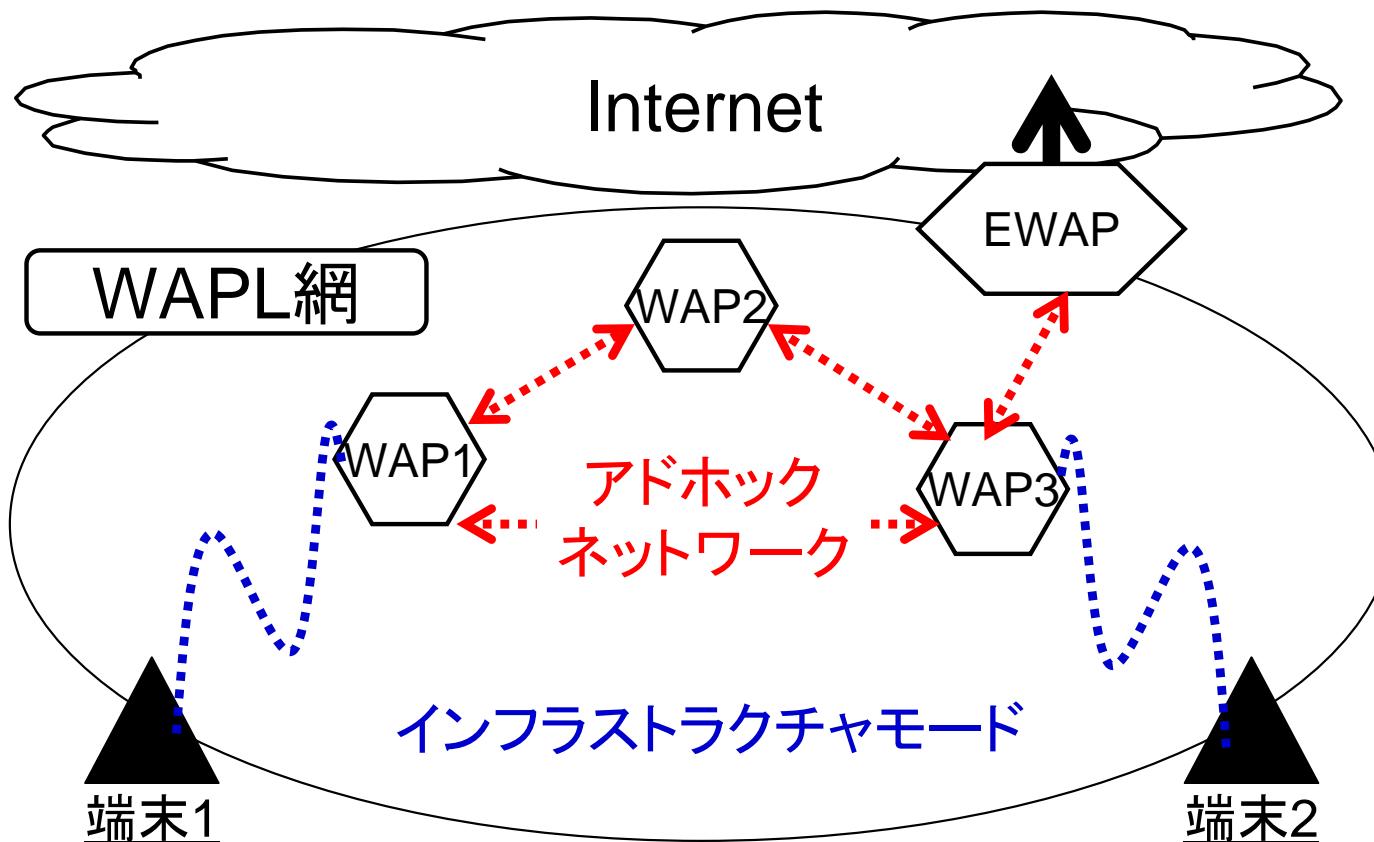
提案システム

- WAPL (Wireless Access Point Link)
 - メッシュネットワーク構築システム
 - 基本機能の実装を終えておりモジュールの追加可能
 - アクセスポイントの接続切り替え時のパケットロスレスハンドオーバ
 - ネットワークに合わせたルーティングプロトコルの選択可能



- 代行メールサーバ
 - 被災者に対して代理のメールボックスを提供
 - 通常の手順で被災地内外でメールの送受信が可能

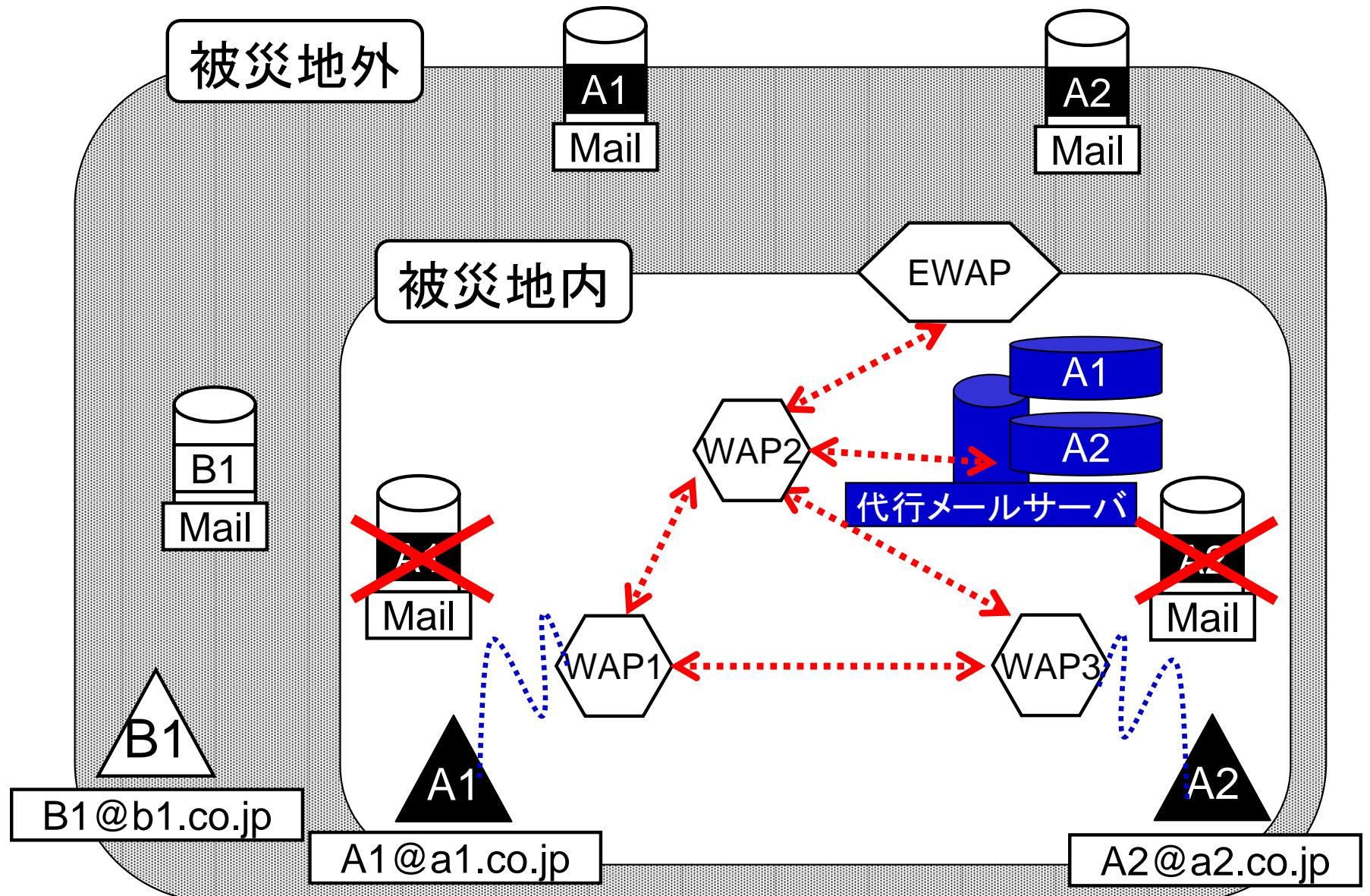
WAPL



WAP:Wireless Access Point

EWAP:Extended WAP

代行メールサーバの概要

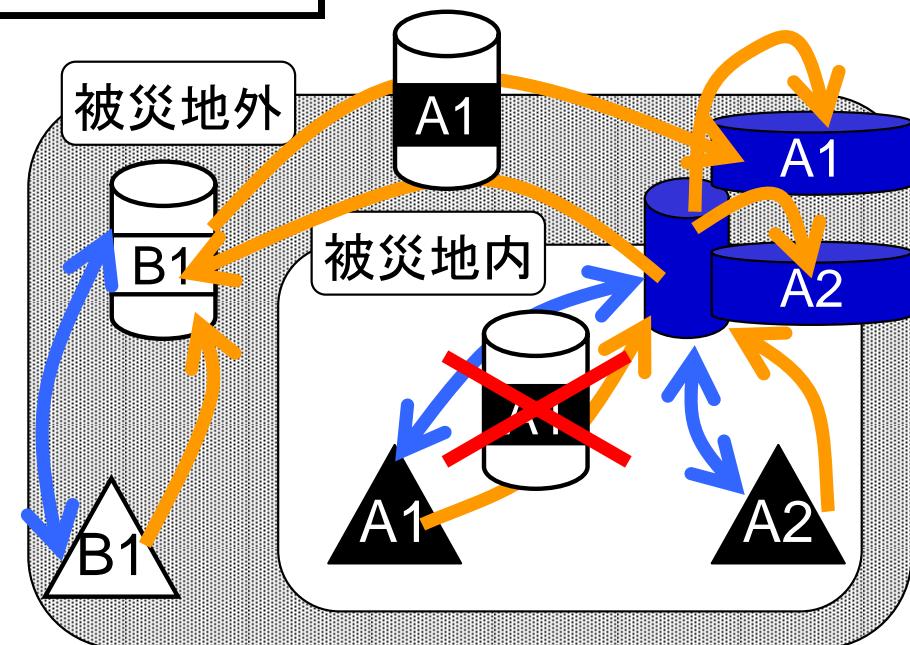


メール通信の分類と代行メールサーバの動作

		送信元	宛先
1	被災地内メール	A1	A2
2		A2	A1
3	外部宛メール	A1	B1
4	内部宛メール	B1	A1

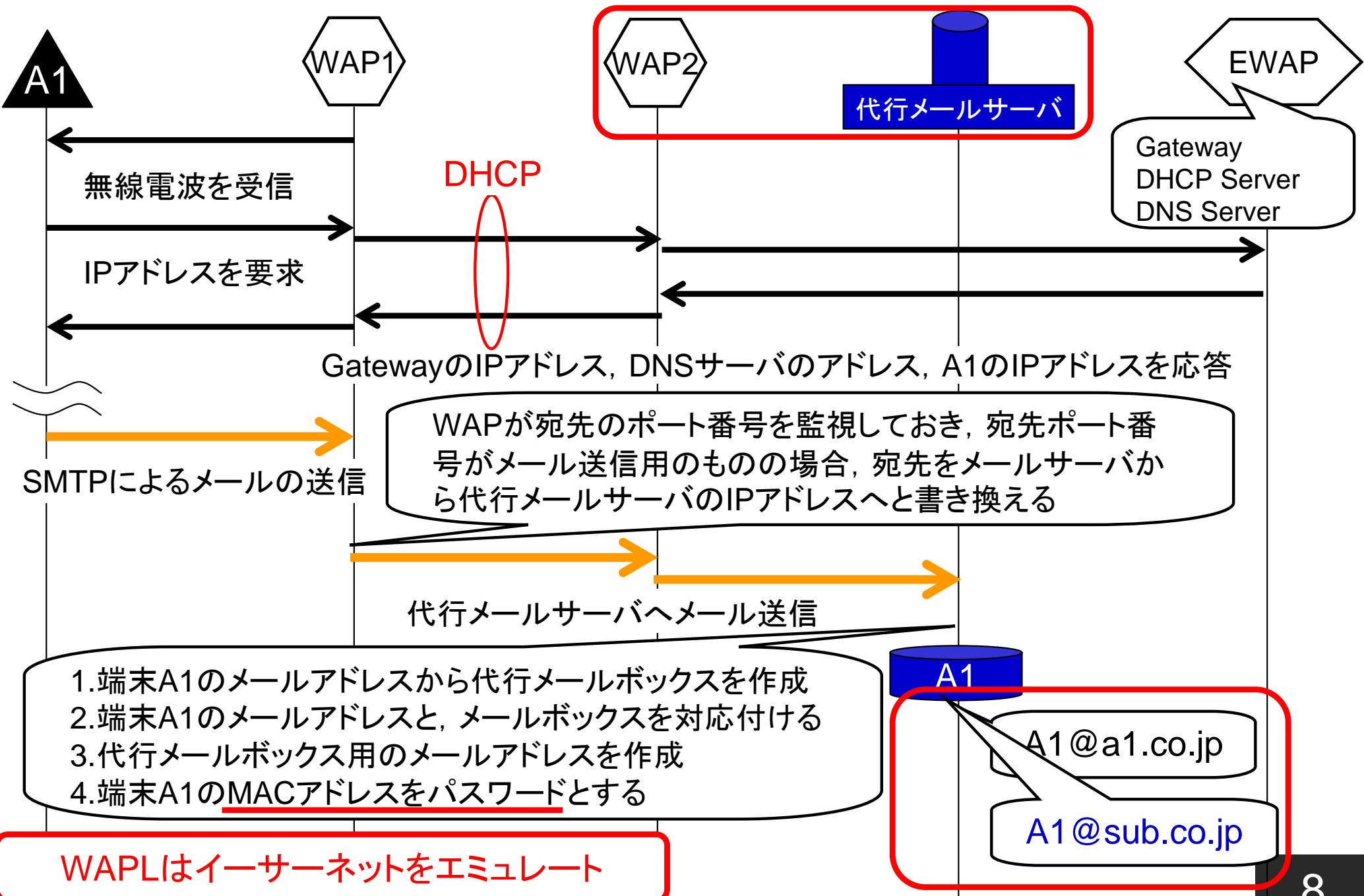
代行メールサーバの動作

- ・メールボックスの作成
- ・代行メールサーバを用いたメール送信
 - 被災地内メール
 - 外部宛メール
- ・代行メールサーバからのメール受信
 - 被災地内メール
 - 内部宛メール
 - メールサーバが被災地外
 - メールサーバが被災地内

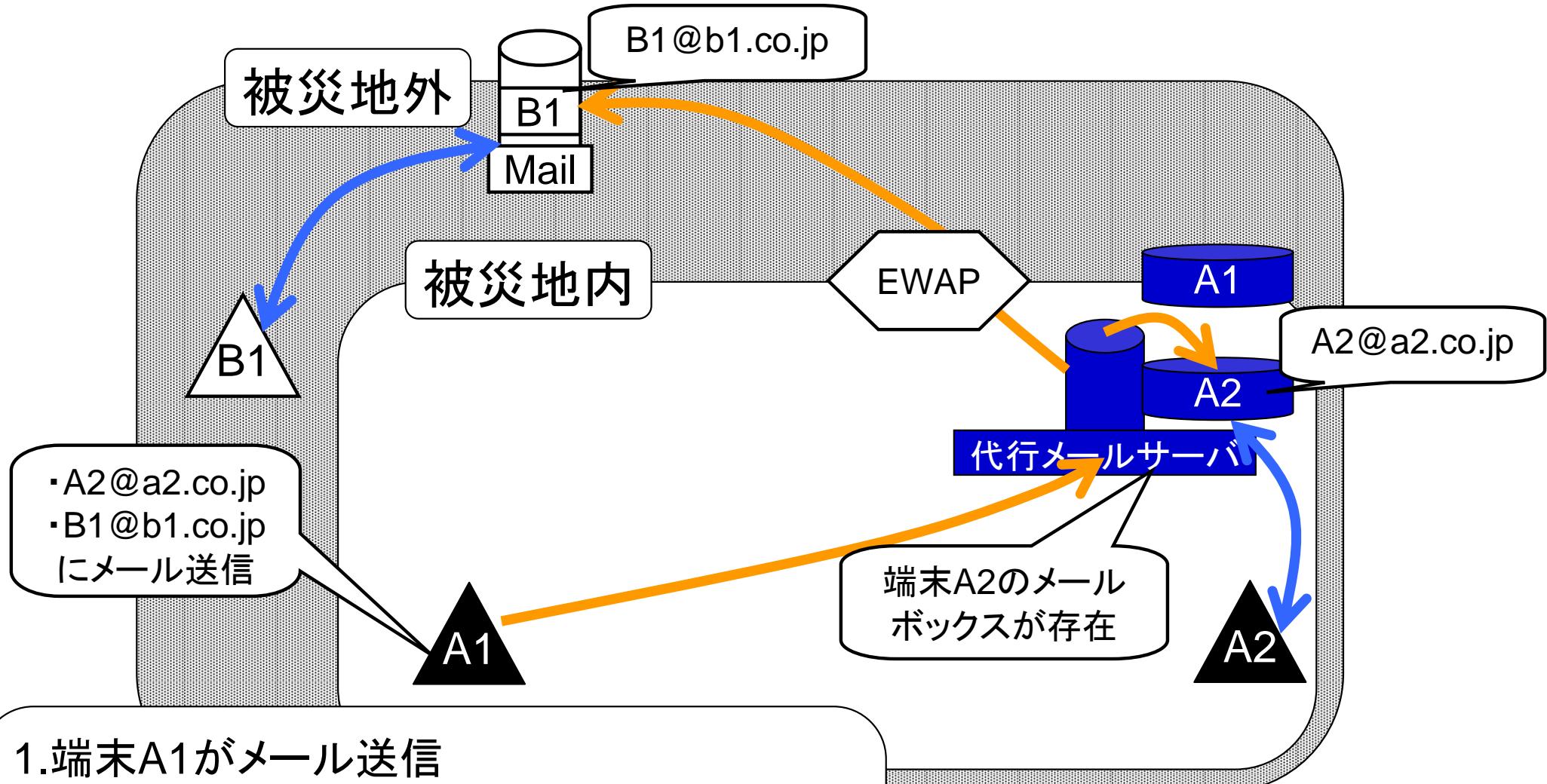


SMTP →
POP ←

端末の立ち上げとメールボックスの生成



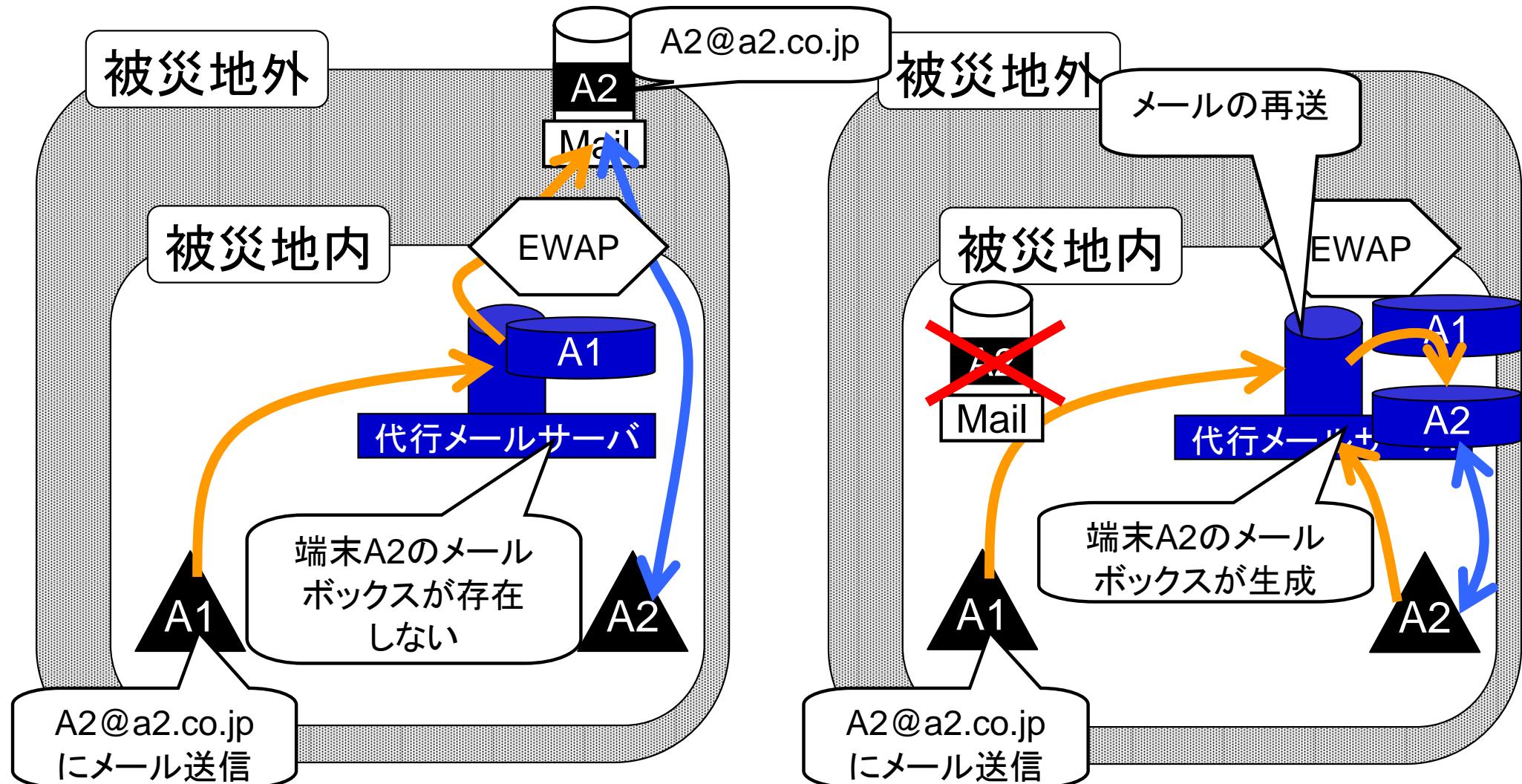
代行メールサーバを用いたメールの送信



1. 端末A1がメール送信
2. 宛先に対応するメールボックスが、代行メールサーバ内に存在するかどうか検索
3. 代行メールサーバ内にメールボックスが存在しない場合、外部にメールを送信

	送信元	宛先
1	被災地内メール	A1
3	外部宛メール	A1

端末A2のメールボックスが作成されていない場合

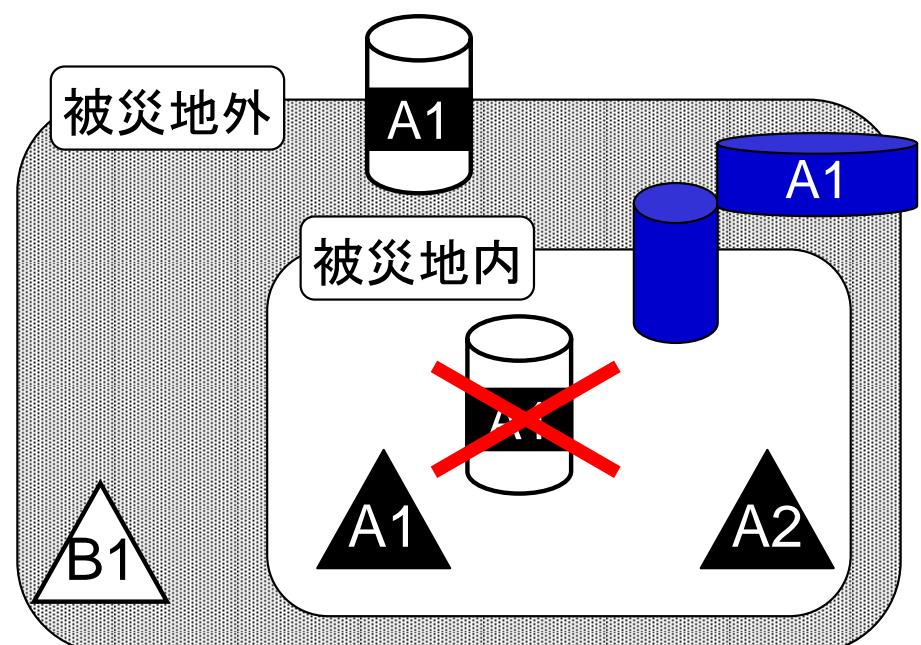


配送に失敗したメッセージはキュー内に
メッセージごとのログファイルが作られ、情報が
記録される。その後一定の間、メールサーバーに
よってメールの再送が行われる。

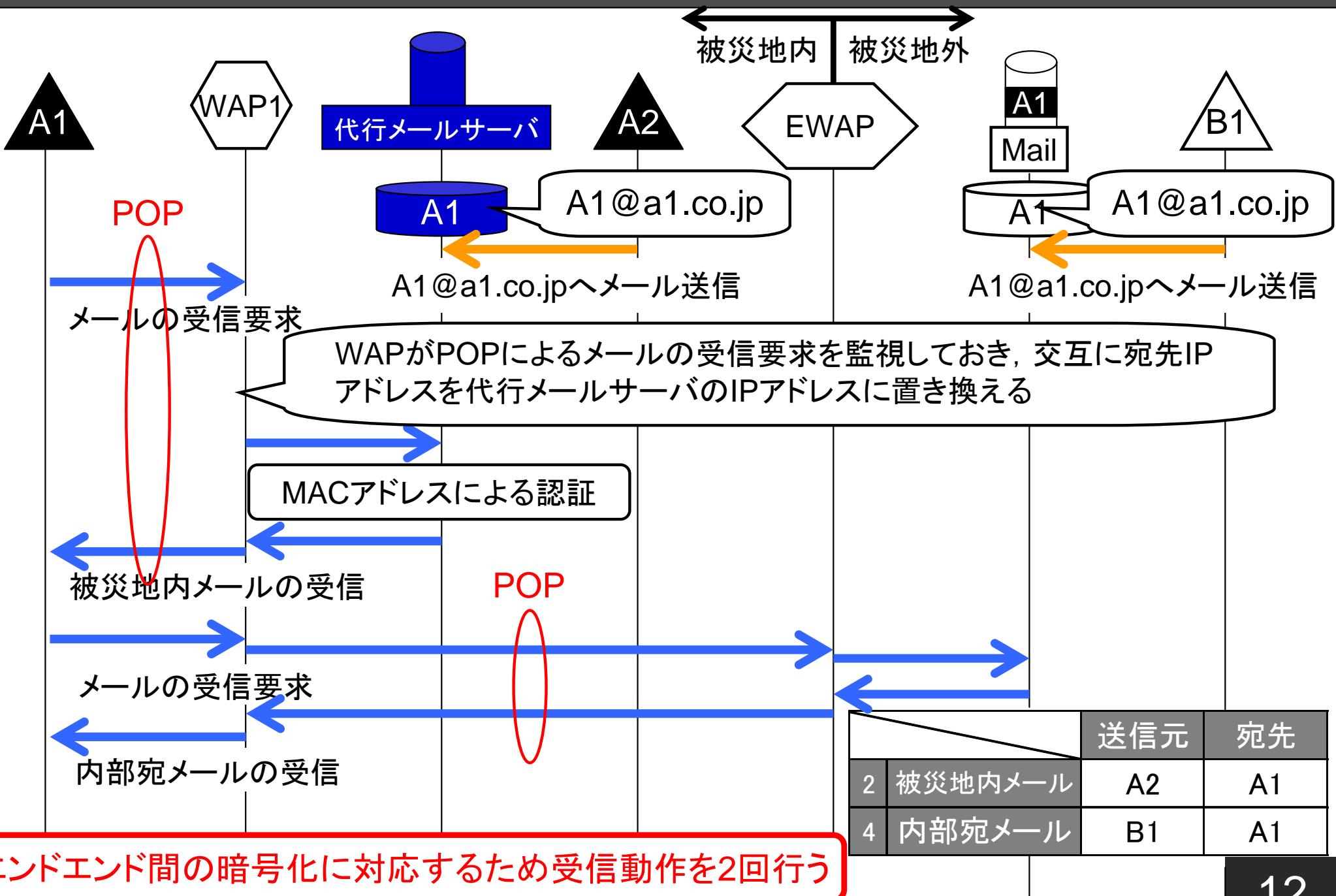
代行メールサーバを用いたメールの受信

1.メールサーバが被災地外の場合

2.メールサーバが被災地内の場合

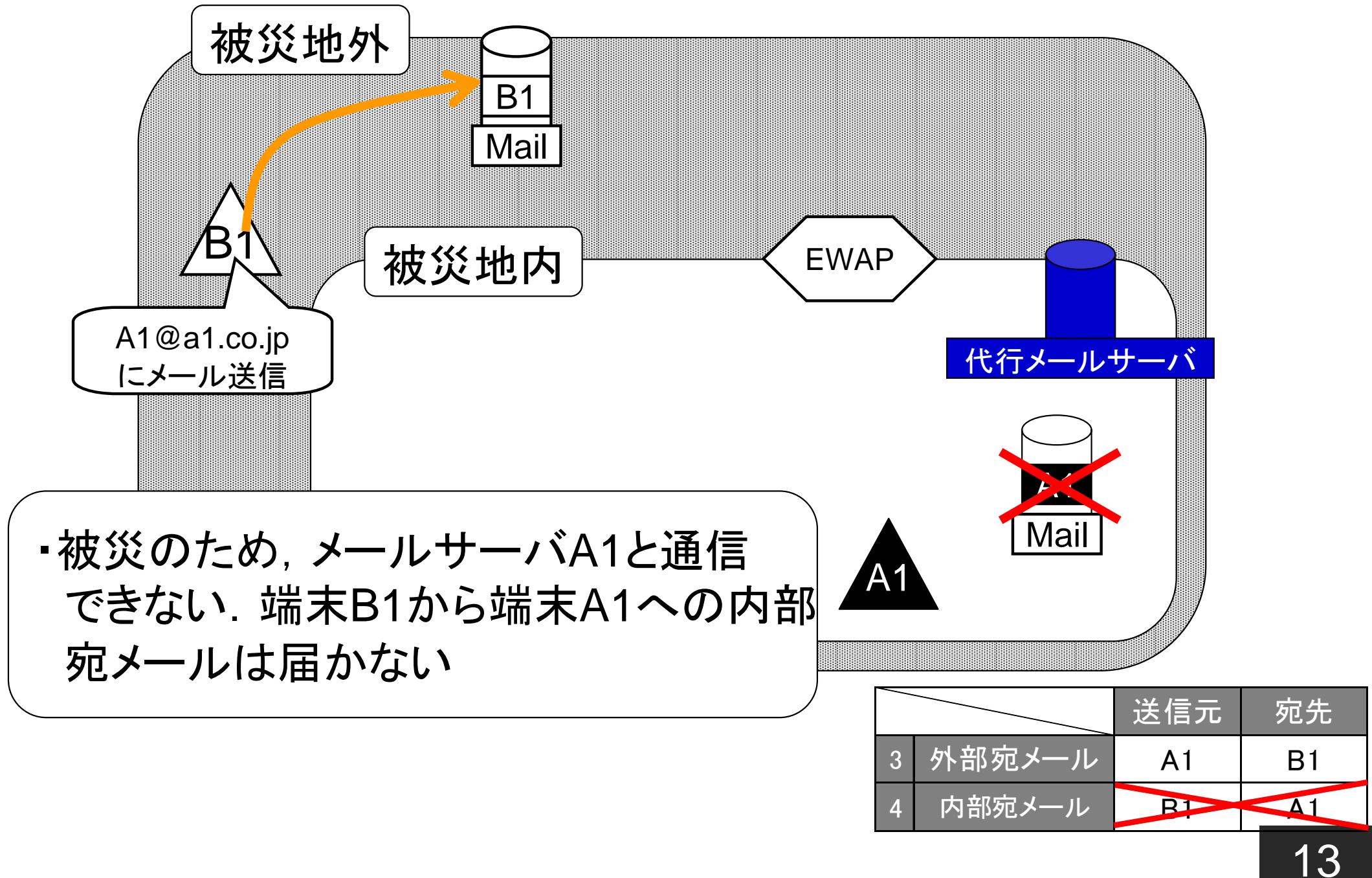


メールサーバが被災地外に存在する場合

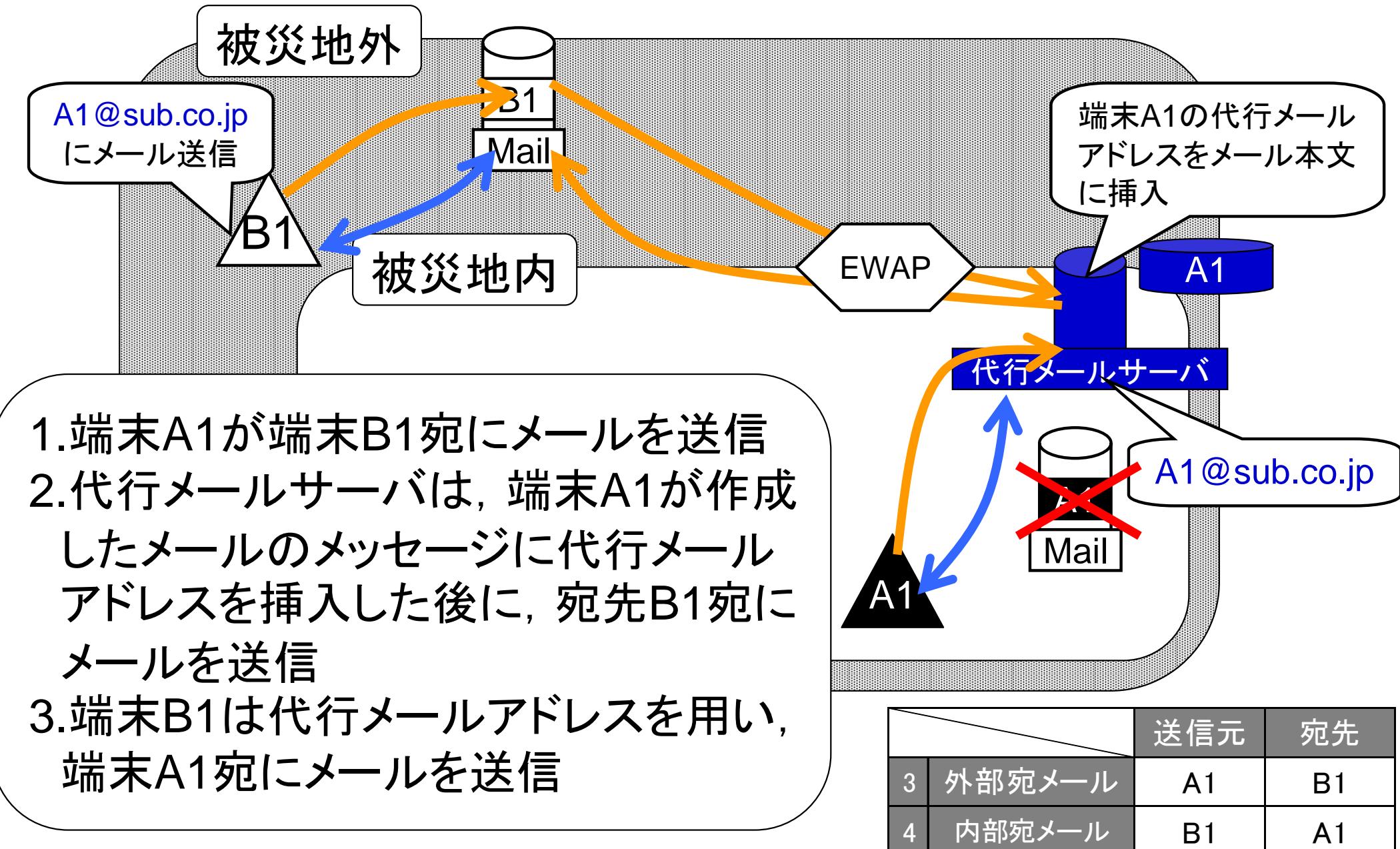


エンドエンド間の暗号化に対応するため受信動作を2回行う

メールサーバが被災地内に存在する場合



メールサーバが被災地内に存在する場合



端末A1が満たすべきメール通信

		送信元	宛先
1	被災地内メール	A1	A2
2		A2	A1
3	外部宛メール	A1	B1
4	内部宛メール	B1	A1

- 本発表
 - WAPLにより通信環境を構築
 - 代行メールサーバを設置、メール通信を実現
- 提案システムの特徴
 - 無線LANを用いて、被災地内にIP網を構築
 - WAPLや代行メールサーバの存在を意識しなくて良い
 - 普段と同様の操作でメール通信が可能
- 今後の課題
 - 実装と動作確認