

3.2.7 即時的地震情報の活用者サイドにおける情報翻訳ソフトウェアの開発

目次

(1) 業務の内容

- (a) 業務題目
- (b) 担当者
- (c) 業務の目的
- (d) 5 ヶ年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）
- (e) 平成15年度業務目的

(2) 平成15年度の成果

- (a) 業務の要約
- (b) 業務の実施方法
- (c) 業務の成果
 - 1) ソフトウェアの試作
 - 2) ソフトウェアの動作評価
- (d) 結論ならびに今後の課題
- (e) 引用文献
- (f) 成果の論文発表・口頭発表等
- (g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

(3) 平成16年度業務計画案

(1) 業務の内容

(a) 業務題目

即時的地震情報の活用者サイドにおける情報翻訳ソフトウェアの開発

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
東京大学地震研究所	助教授	土井恵治	keijidoi@eri.u-tokyo.ac.jp
	教授	堀 宗朗	
	助教授	鷹野 澄	
	助教授	卜部 卓	
	助手	山中佳子	
	助手	鶴岡 弘	
(財)日本気象協会	相談役	津村建四朗	
	主任技師	新井伸夫	
	技師	天野貴文	

(c) 業務の目的

気象庁、防災科学技術研究所などにおいて実用化に向けての検討がなされている即時的地震情報の活用者サイドでの標準的なインターフェース・ソフトウェアを構築すること。

(d) 5カ年の年次実施計画

- 平成14年度：

主に気象庁が過去に実施した即時的地震情報のユーザーと目される企業、機関に対するアンケート調査やインタビュー調査の結果などをもとに、想定される活用方策を整理するとともに、ユーザーサイドがそのような活用を実現する際の当該情報に関するニーズ（項目、内容など）について、分析・整理を実施した。

そして、その検討で明らかになったユーザーが必要とする事項を、気象庁が発信する即時的地震情報（「緊急地震速報」）の内容から抽出・推定するソフトウェア（「翻訳ソフトウェア」）が具備すべき機能要件について検討するとともに、それをソフトウェアとして実現する方法・手順、及び必要とされるデータベースの内容を整理した。

- 平成15年度：

- 活用者側での標準的なインターフェース・ソフトウェア（「翻訳ソフトウェア」）を試作する。

- 平成16年度：

- 試作したソフトウェアに情報を伝達し、機能が達成されていることを確認する。
- 情報発信機関とオンラインで接続し稼働実験を行う。
- 稼働状況の評価（予測結果と実況の比較など）を行い、改善にあたっての課題抽出を行う。

- 平成 17 年度 :
- 評価結果をもとに実機の詳細設計を行う。
- 実用に耐えうるソフトウェアを構築する。
- 平成 18 年度 :
- 情報発信機関からの情報配信を受け、実機の活用テストを実施する。
- 活用にあたってのマニュアル等を整備する。

(e) 平成 15 年度業務目的

活用者側での標準的なインターフェース・ソフトウェアを製作することを目的に、本年度は以下を実施する。

- 平成14年度の本課題において調査整理した即時的地震情報の活用者サイドでの機能要件に基づき、即時的地震情報の「翻訳ソフトウェア」を試作。
- 「活用ソフトウェア」の一例として、翻訳結果をPC上に表示するソフトウェアを試作。
- 気象庁から発信された即時的地震情報（緊急地震速報）を受信し、ソフトウェアが十分に機能するかどうかを評価し、実用化にあたっての課題を抽出・整理。

(2) 平成 15 年度の成果

(a) 業務の要約

地震が発生したことを震源近傍の地震計で検知し、主要動が到達する前に地震発生の実事や予想される震度を伝える、緊急地震速報提供のための技術的検討、体制整備を気象庁が進めている。この緊急地震速報を被害軽減に有効に活用するためには、情報を受信してすぐさま対応措置（行動）をとるべきか否かについて活用者自らが判断することが重要である。このような判断のためには、地震発生の実事のほか、活用地点での地震動の程度（どれくらい揺れるのか）、主要動が到達するまでの時間（どれくらい猶予があるのか）が不可欠である。これらは活用地点での地盤特性や情報伝達の際の時間遅れなど活用者ごとの個別の状況を考慮する必要があるが、気象庁が発表する緊急地震速報で報ぜられる最大震度や主要動到達までの猶予時間の予測値は地域ごとの代表値であり、活用者個別の地点ごとの予測値ではないため、この情報をより適切に活用するためには活用者自身が、緊急地震速報をもとに必要な情報をつくりだす必要がある。

本研究では緊急地震速報を受信した活用者が対応措置（行動）の判断するために必要な情報を活用者自身が抽出するため、活用地点及びその地盤状況を容易に設定できるよう配慮したインターフェース・ソフトウェア（「翻訳ソフトウェア」）を試作した。また、翻訳ソフトウェアの評価のため、翻訳処理結果をグラフィカルに表示するソフトウェアを活用ソフトウェアの一例として併せて試作した。

(b) 業務の実施方法

震度の予測や主要動到達までの猶予時間の予測手法については既往の論文等の調査によった。ソフトウェアの試作に当たっては研究担当者が逐次画面レイアウトや処理のロジックについて意見交換し、段階的にソフトウェアを作成し、コーディングを行った。

(c) 業務の成果

1) ソフトウェアの試作

地震が発生したことを震源近傍の地震計で検知し、主要動が到達する前に地震発生の実態や予想される震度を伝える、緊急地震速報の提供のための技術的検討、体制整備を気象庁が進めており、平成16年早々に試験配信を計画している(図1)。緊急地震速報は震源の位置やマグニチュードに加え地域ごとの最大震度の予測値を報ずることとしている。この緊急地震速報を被害軽減に有効に活用するためには、情報を受信した際に被害軽減のための対応措置(行動)を決めておく必要がある。とりわけ情報を受信してすぐさま活用者が対応措置(行動)をとるべきか否かについての判断が重要である。このような判断のためには、地震発生の実態(緊急地震速報そのもの)のほか、活用地点での地震動の程度(どれくらい揺れるのか)、主要動が到達するまでの時間(どれくらい猶予があるのか)が不可欠である。

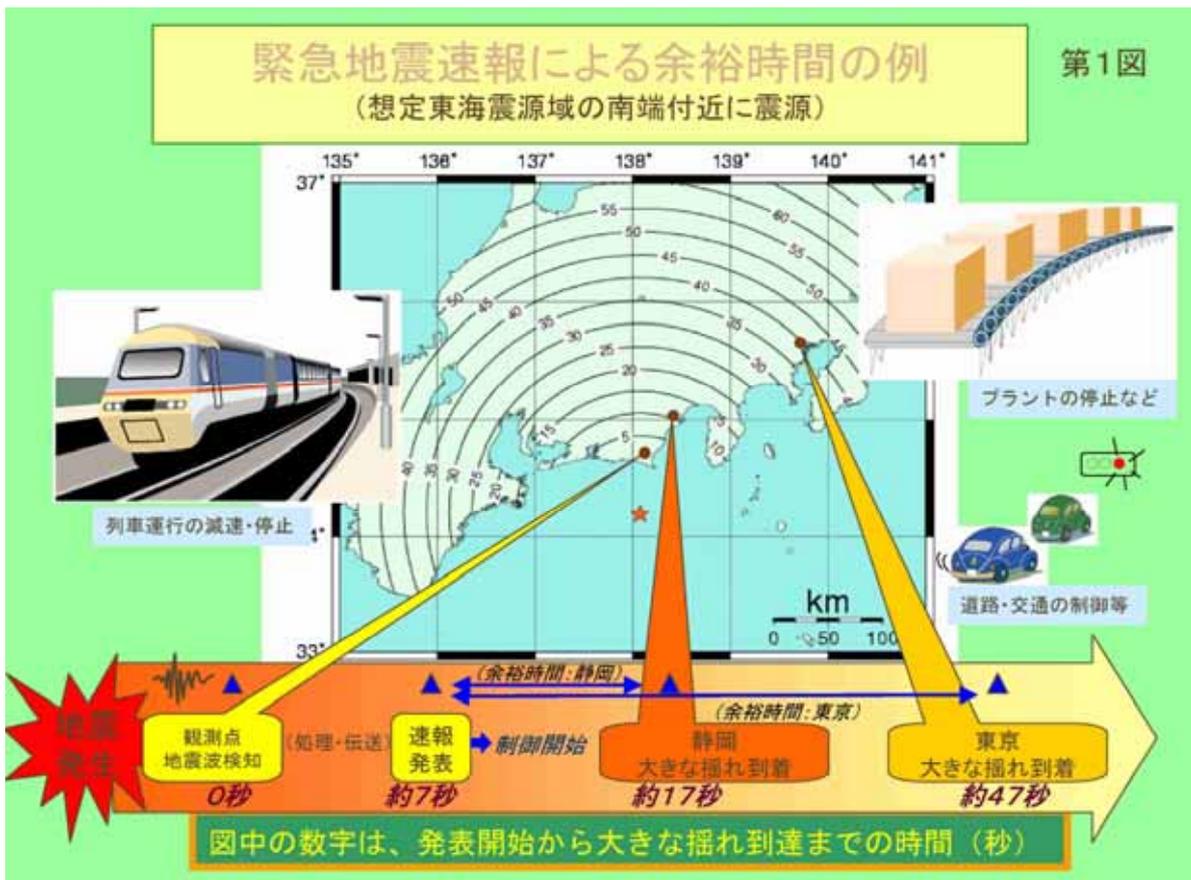


図1 緊急地震速報の概念図(気象庁資料¹⁾より)

活用地点での揺れの程度は、震源から活用地点までの地震波の伝播経路、活用地点近傍の地形・地盤条件に大きく依存する。また、猶予時間も震源から活用地点までの距離及び

情報発信時点から活用者が実際に情報を受信するまでのタイムラグを考慮する必要がある。従って、緊急地震速報を被害軽減のために有効なものとするためには活用者ごとに判断材料となる揺れの程度や猶予時間の情報が必要となる。しかしながら、多数の活用者それぞれのローカルな条件（地形・地盤や震源までの距離）に応じた情報を緊急地震速報の発信者が行うことは、情報提供システムの負荷や処理時間を考慮すると、必ずしも現実的ではない。

本研究では緊急地震速報を受信した活用者側で判断に必要な材料を抽出するためのインターフェース・ソフトウェアを開発することを目的に、平成 15 年度は試作品を製作した。

a) 「翻訳ソフトウェア」「活用ソフトウェア」の試作

本研究で試作したソフトウェアは、緊急地震速報を受信した活用者が必要な判断材料を抽出するためのソフトウェアとその処理結果を PC 画面上に表示するソフトウェアである。前者を「翻訳ソフトウェア」と呼び、また、後者は厳密には活用ソフトウェアのうちの一例にすぎないが本論では便宜上「活用ソフトウェア」と呼ぶこととした。なお、翻訳ソフトウェアは判断材料の抽出だけでなく、その結果に応じてネットワークを介して活用ソフトウェアを起動し、翻訳結果を活用ソフトウェアに転送する機能を含めている。また、これらのソフトウェアの稼動状況を確認するため試験データを送信する補助的なソフトウェアも製作した(図 2)。これらのソフトウェアは必ずしも同じ PC 端末上で稼動する必要はなく、それぞれ IP 接続されたネットワーク上にあれば動作するようにしている。

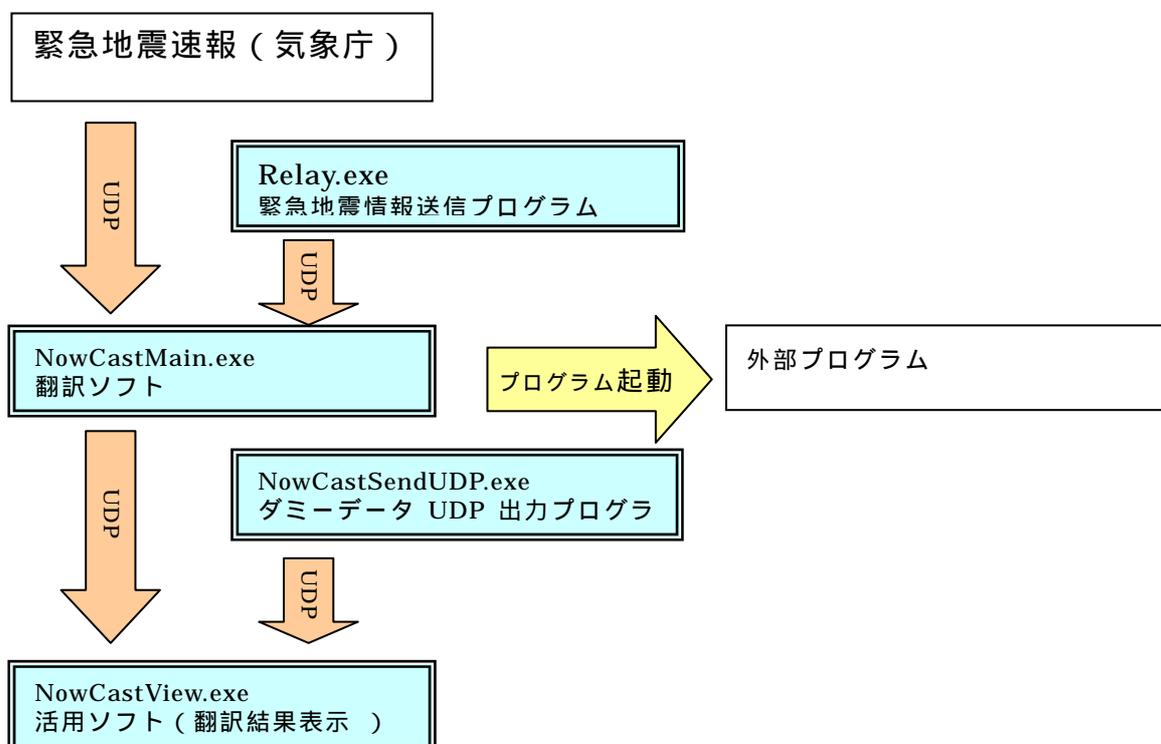


図 2 即時的地震情報の翻訳・活用ソフトウェアの全体構成概要
(二重線枠は本研究で試作したソフトウェア)

ネットワークを通して情報を伝送する場合、確実な伝送のために送信者・受信者間で手順を取る（TCP）こともとりうる方策としてあるが、本研究においては伝送経路における時間的な損失を極力軽減する観点から、無手順（UDP）で行うことを前提としてソフトウェアを試作した。緊急地震速報の発信者である気象庁にも、筆者らに対し UDP により情報を試験的に伝送してもらうよう配慮していただいている。

試作した両ソフトウェアの機能は以下のとおりである。

< 翻訳ソフトウェア >

活用者が必要とする判断材料（翻訳結果）を加速度最大値、速度最大値、最大震度、猶予時間と想定し、それぞれについて以下の経験式等により算出する。

・ 加速度最大値

加速度最大値は Fukushima and Tanaka (1990)²⁾ に従い、次の関係式を用いる。

$$\log_{10}A=0.41M-\log_{10}(R+0.032*10^{0.41M})-0.0034R+1.30 \quad \text{---- (1)}$$

ただし A=加速度最大値
M=マグニチュード
R=震源距離（R は後述(5)式による）

・ 速度最大値

速度最大値は 司・翠川 (1999)³⁾ に従い、次の関係式を用いる。

$$\log A=b-\log(X+c)-kX \quad \text{---- (2)}$$

ただし A=速度最大値
X=断層最短距離[km]（ここでは震源距離 R を使用）
k=係数 0.002
c=0.0028*10^{0.50Mw}
b=aM_w+hD+ d_iS_i+e+
a=0.55
M_w=マグニチュード
h=0.0037
D=震源深さ
d_iS_i=0.01
e=-1.10
= 0

司・翠川の式は $V_s=600\text{m/sec}$ 相当の地盤上での値を推定するものであることから、地表上での速度振幅は、松岡昌志・翠川三郎（1993）⁴）従い、微地形区分による速度振幅の増幅率を乗じることとした。翻訳ソフトウェアでは松岡・翠川が求めた下表から選択し設定できるようにしている。活ユーザー側で増幅率がわかっている場合には任意に増幅率を設定することも可能である。

微地形区分	増幅率	V_s の対数	a	b	H	C	D
埋め立て地	2.281392	2.23	2.23	0.00		0.00	
人工改変地	2.179716	2.26	2.26	0.00		0.00	
三角州・後背湿地(D ≤ 0.5)	2.424376	2.19	2.19	0.00		0.00	
三角州・後背湿地(D > 0.5)	2.443824	2.184743	2.26	0.00		0.25	0.50
自然堤防	3.25394	1.996349	1.94	0.32	1.50	0.00	
谷底平野	3.013945	2.046765	2.07	0.15	0.70	0.00	
砂州・砂丘	2.082572	2.29	2.29	0.00		0.00	
扇状地	3.014051	2.046742	1.83	0.36	4.00	0.00	
ローム台地	2.25853	2.236627	2.00	0.28	7.00	0.00	
砂礫台地（段丘）	2.287048	2.228371	1.76	0.36	20.00	0.00	
丘陵	1.223489	2.64	2.64	0.00		0.00	
その他（火山など）	2.085315	2.289134	2.25	0.13	2.00	0.00	
先第三紀	0.862581	2.87	2.87	0.00		0.00	

・震度

震度は童華南・山崎文雄（1996）⁵）に従い、次の関係式を用いる。

$$I=2.30+2.01*\log(V) \quad \text{---- (3)}$$

ただし I =計測震度

V =速度最大値（(2)式に地盤増幅率を乗じたもの）

・猶予時間

猶予時間は、緊急地震速報に記述されている時刻に関する情報と標準的な地震波の伝播速度⁶）を用い次の式を用いて算出する。なお、情報の伝達に要する時間も考慮している。

$$\text{猶予時間}=\text{N}-(\text{B}-\text{A})-\text{C} \quad \text{---- (4)}$$

ただし、

N=地震到達所要時間 震源位置からの距離に対し走時表⁶）により算出。

A=地震発生時刻 緊急地震速報コード部/トリガ時刻または地震時刻(年月日時分秒)

B=電文の発表時刻 緊急地震速報基本コード部/電文の発表時刻(年月日時分秒)

C=通信および計算定数 情報発信時から翻訳結果算出時までの経過時間。

・震源距離

震源距離（震源から活用地点までの距離）は日本列島の範囲内であれば地球は平面で近似できるので、次の式で与えることとした。

$$R^2 = D^2 + (k \cdot (Ax - Bx))^2 + (k \cdot (Ay - By))^2 \quad \text{---- (5)}$$

ただし、 R : 震源距離 (km)

k = 111.32 km

Ax、Ay : 活用地点の緯度・経度 (単位 : 度)

Bx、By : 震源の緯度・経度 (単位 : 度)

D : 震源の深さ (km)

本研究で試作した翻訳ソフトウェアは、上記の翻訳結果に応じて次のプロセス(「活用ソフトウェア」)を起動する機能を持たせており、その基準も内部のパラメータとして活用者が自由に設定できるようにしている。

< 活用ソフトウェア >

活用ソフトウェアは、翻訳ソフトウェアで処理した結果（震源の位置、予測震度、猶予時間等）を受信し、翻訳結果そのものも表示するほか、PC画面上で震央の位置及びP波面、S波面が時間とともに広がる様子を地図上に描画する。緊急地震速報は、同一の地震について震源の位置などが新たに算出されるたびごとに情報が発信されるため、情報を受信するごとに画面を再描画し、最新情報を表示するようになっている。また群発地震等を想定して独立の地震を最大4つまで同時に表示することができるようにした。情報が入電した際に活用者が知覚できるよう、PC端末上で予測震度等に応じた警告音を鳴動させるほか、ネットワーク上で作動する警告灯((株)パトライト社製 PHN-3FB)により視覚的にも警告できる機能を持たせた。

2)ソフトウェアの動作評価

試作したソフトウェアについて試験データを送信する補助的なソフトウェアを用い、擬似的な緊急地震速報を翻訳ソフトウェアで処理させたり、擬似的な翻訳結果を活用ソフトウェアに与えたりして、総合的な動作評価を行った。

また、気象庁は平成16年2月25日から緊急地震速報の試験運用を開始し、筆者らも緊急地震速報の活用方策評価に参加することとした。気象庁からの実際の情報を処理することにより、試作したソフトウェアの評価をさらに進めている。平成16年3月末までの1ヶ月あまりの期間では十分なデータが得られていない。

(d) 結論ならびに今後の課題

緊急地震速報を受信し、活用地点ごとの地盤状況等の個別の条件を考慮して震度や主要動到達までの猶予時間を推定するという所要の機能が組み込まれた翻訳ソフトウェアを試作できた。また、翻訳ソフトウェアの処理結果をグラフィカルに表示する活用ソフトウェアも併せて試作した。

翻訳ソフトウェアで揺れや猶予時間の推定を行うにあたり、点震源の仮定の下に簡便な関係式（経験式）を用いている。より精度の高い推定のためには、震源域の大きさや断層の走向（地震波の射出の異方性）、伝播経路上での詳細な速度構造や地震波の減衰・散乱を考慮する必要がある。今後は緊急地震速報及び翻訳ソフトウェアで処理した結果の精度を十分に評価した上で、予測値算出手法の最適化を図る。

また、翻訳結果をさまざまな活用場面で使うことができるように翻訳ソフトウェアのアウトプットの標準化についても検討を進める。

(e) 引用文献

- 1) 気象庁：緊急地震速報の試験運用開始について， 気象庁報道発表資料， 平成16年2月23日
- 2) Fukushima, Y. and T. Tanaka: A new attenuation relation for peak horizontal acceleration of strong earthquake ground motion in Japan, Bull. Seism. Soc. Am., 80, pp757-783, 1990.
- 3) 司宏俊・翠川三郎：断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式，日本建築学会構造系論文集，第523号，pp63-70，1999
- 4) 松岡昌志・翠川三郎：国土数値情報を利用した広域震度分布予測，日本建築学会構造系論文集，第447号，pp51-56，1993
- 5) 童華南・山崎文雄：地震動強さ指標と新しい気象庁震度との対応関係，生産研究，Vol.48 No.11, pp547-550, 1996.
- 6) 浜田信生：近地地震用走時表の再検討，気象研究所研究報告，35, pp109-167, 1984.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
新井伸夫 他	「緊急地震速報」の活用者サイドにおける翻訳・活用ソフトウェアの開発	地域安全学会研究発表会	平成15年11月9日
土井恵治 他	即時的地震情報の活用者サイドにおける情報翻訳ソフトウェアの開発	地球惑星科学関連学会合同大会	平成16年5月10日

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1)特許出願

なし

2)ソフトウェア開発

名称	機能
緊急地震速報の翻訳ソフトウェア	気象庁が発表する緊急地震速報を受信し、活用地点における最大震度、地動の最大加速度、地動の最大速度、主要動が到着するまでの猶予時間を予測
緊急地震速報翻訳結果の表示ソフトウェア	上記翻訳ソフトウェアでの処理結果をグラフィックに表示するとともに音響等によりユーザーに警告
翻訳ソフトウェアデモンストレーション用模擬情報発信ソフトウェア	翻訳ソフトウェアを試験するための模擬の緊急地震速報を発信

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成 16 年度業務計画案

平成 16 年度においては前年度までに調査整理した技術要件に従い試作した翻訳ソフトウェアについて、情報発信機関からの情報を実際に受信し、ソフトウェアがよりよいユーザーインターフェースを持つように改良を進めるとともに、学内外の複数のユーザーに試作した翻訳ソフトウェアを試用してもらい、第三者の評価を得る。また、ユーザーとの意見交換を通じて活用ソフトウェアを起動させるために必要な翻訳結果の内容や活用ソフトウェアへの伝送フォーマットについて検討する。