

Arias Intensity の地盤増幅度と サイト増幅特性の関係

西川 隼人¹・野口 竜也²・池本 敏和³・宮島 昌克⁴

¹正会員 福井工業大学教授 工学部建築土木工学科 (〒910-8505 福井県福井市学園3丁目6番1号)
E-mail: nishikawa@fukui-ut.ac.jp

²正会員 鳥取大学准教授 学術研究院工学系部門 (〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南4丁目101番地)
E-mail: noguchit@tottori-u.ac.jp

³正会員 金沢大学講師 理工研究域 (〒920-1164 石川県金沢市角間町)
E-mail: tikemoto@se.kanazawa-u.ac.jp

⁴正会員 金沢大学教授 理工研究域 (〒920-1164 石川県金沢市角間町)
E-mail: miyajima@se.kanazawa-u.ac.jp

本研究では地震時の斜面崩壊や液状化、土木構造物の被害予測などに用いられている地震動指標である Arias Intensity を経験的手法で精度良く予測するために、Arias Intensity の地盤増幅度とサイト増幅特性の関係を調べた。まず、Arias Intensity と加速度フーリエスペクトル、およびサイト増幅特性の関係式を導いた。続いて、中国地方などの地震観測点を対象に地盤増幅度とサイト増幅特性を評価するとともに、それらの増幅度の分布の特徴を調べた。最後に Arias Intensity の地盤増幅度とサイト増幅特性二乗値の積分値の相関関係を調べたところ、積分値の下限振動数が 0.2Hz のときに最も地盤増幅度と積分値の相関係数が高くなった。

Key Words: Arias Intensity, Site amplification factor, Site effect

1. 序論

Arias Intensity¹⁾は地震時の斜面崩壊や液状化、土木構造物の被害予測などに用いられている地震動指標であり、Arias Intensity の評価のために、距離減衰式を用いた経験的手法が多く提案されている^(例えば、2) 3)。地震動には、N 値や S 波速度などで表される地盤条件の影響が大きいことから、距離減衰式による予測の際にも、地盤増幅の影響を考慮することが必要不可欠である。既往研究^{2) 3)}において、地表から深さ 30m までの平均 S 波速度をパラメータとした Arias Intensity の地盤増幅度評価式が求められている。しかし、30m 以深の地盤構造に起因する振動数の地盤増幅の影響も考えられることから、振動数領域の地盤増幅特性と Arias Intensity の地盤増幅度の関係を把握することが望ましいが、このような研究はほとんど行われていない。

本研究では、斜面崩壊や土木構造物などの地震被害予測の指標として有効な Arias Intensity の予測精度向上を目的として、中国地方などの地震観測点を対象に、Arias

Intensity に対する地盤増幅度とサイト増幅特性（地震基盤を基準としたフーリエスペクトルの増幅度）を評価し、両者の関係を調べることで、どのような振動数成分が Arias Intensity の地盤増幅度へ寄与するかを調べた。

2. Arias Intensity とサイト増幅特性の関係

(1) Arias Intensity

Arias Intensity¹⁾は次式のように定義される。

$$I_A = \frac{\pi}{2g} \int_0^{t_d} a(t)^2 dt \quad (1)$$

ここに I_A は Arias Intensity (m/s) , $a(t)$ は時刻 t の加速度 (m/s^2) , g は重力加速度 (m/s^2) , t_d は地震動の継続時間 (s) である。

パーセバルの定理より、式(2)のように加速度の二乗値の無限積分値と加速度フーリエスペクトルの二乗値の無限積分値が等しいことが知られている。

$$\int_{-\infty}^{\infty} |a(t)|^2 dt = \int_{-\infty}^{\infty} |F(f)|^2 df \quad (2)$$

$F(f)$ は振動数 f に対する加速度フーリエスペクトル (m/s) である。加速度フーリエスペクトル $F(f)$ を地震基盤面における加速度フーリエスペクトル $F_b(f)$ とサイト増幅特性 $G(f)$ の積で表されるものとする、式(2)の右辺は式(3)で表される。

$$\int_{-\infty}^{\infty} |F(f)|^2 df = \int_{-\infty}^{\infty} F_b(f)^2 G(f)^2 df \quad (3)$$

ここで地震基盤面における加速度フーリエスペクトル $F_b(f)$ は次式で定義されるものとする。

$$F_b(f) = S(f)P(f) \quad (4)$$

$S(f)$ は震源スペクトル、 $P(f)$ は震源から地震基盤までの伝播経路特性であり、 $S(f)$ は次式⁹⁾で表される。

$$S(f) = \frac{CM_0(2\pi f)^2}{1 + f^2/f_c^2} \quad (5)$$

$$C = \frac{R_{\theta\phi}F_sP_{RTITN}}{4\pi\rho V_s^3} \quad (6)$$

C はラディエーションパターンなどからなる定数、 M_0 は地震モーメント、 f_c は震源スペクトルのコーナー振動数である。 $R_{\theta\phi}$ はラディエーションパターン係数、 F_s は自由地表面の増幅効果を表す係数、 P_{RTITN} はエネルギー分配係数である。また、 ρ と V_s は地震波発生層の密度とS波速度である。

地震の規模が大きいと仮定した場合、式(5)の $S(f)$ は次式のように近似でき、振動数 f に依存しない。

$$S(f) = CM_0(2\pi f_c)^2 \quad (7)$$

また、伝播経路特性 $P(f)$ は次式で与えられる。

$$P(f) = \frac{1}{X} \exp\left(-\frac{\pi f X}{Q_s V_s}\right) \quad (8)$$

X は震源距離、 Q_s はS波の減衰に関する Q 値である。 Q_s は振動数 f に概ね比例する⁹⁾ことから、 $Q_s = Q_0 \times f$ として式(8)に代入すると振動数 f に依存しない次式となる。

$$P(f) = \frac{1}{X} \exp\left(-\frac{\pi X}{Q_0 V_s}\right) \quad (9)$$

式(1)の積分値と式(2)左辺の積分値が比例関係にあるものとし、また、式(7)、(9)より $F_b(f)$ を定数とすると、式(2)、(3)より式(1)のArias Intensity I_A は次式のようになる。

$$I_A = C_0 \int_{-\infty}^{\infty} G(f)^2 df \quad (10)$$

C_0 は定数である。式(10)より、サイト増幅特性 $G(f)$ の二乗値の積分値がArias Intensity I_A と比例関係にあることが分かる。

3. 解析データ

本章では解析対象とした地震の諸元と地震観測点、解析に用いた地震観測記録の選定条件を説明する。

(1) 解析対象地震と地震観測点

図-1に解析対象とした地震の震央と地震観測点の分布、表-1に解析対象地震の情報を示す。表-1の M_{MMI} は気象庁⁶⁾、 M_w はF-net⁷⁾の値である。地震は1997年～2018年に中国地方とその周辺地域で発生した20地震（地殻内地震は13、プレート内地震は7）であり、 M_{MMI} は5.0～7.3、震源深さは7～86kmである。地震観測点の内訳はK-NET105地点、KiK-net71地点、気象庁51地点、鳥取県自治体29地点、島根県自治体36地点の計292地点である。

(2) 地震観測記録の選定条件

地震観測記録の選定にあたり、解析対象とした地震観測点の震源距離の上限を福島・田中の距離減衰式⁸⁾から計算される最大地動加速度が10cm/s²以上となる震源距離とした。また、最大地動加速度の範囲は1cm/s²以上200cm/s²未満とした。選定の結果、解析に用いた地震観測記録数は1676となった。

4. 地盤増幅度とサイト増幅特性の評価

本章では、Arias Intensityの距離減衰式と地盤増幅度、及びサイト増幅特性の評価方法について説明する。

(1) Arias Intensity の距離減衰式と地盤増幅度

Arias Intensity の地盤増幅度は以下の距離減衰式を回帰分析によって求めることにより、評価した。

$$\log_{10} I_{Aij} = c_{1i} - \log_{10} X_{ij} + \sum_{k=1}^2 c_{2k} X_{ij} + c_{3j} \quad (11)$$

I_{Aij} は i 番目の地震における j 番目の観測点のArias Intensityであり、水平2成分のうち大きい方の値を用いた。式(11)

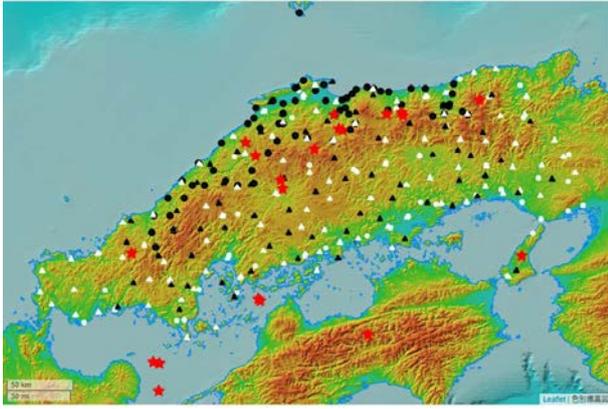


図-1 地震観測点と震央分布 (★: 震央, ○: 気象庁, ●: 自治体, △: K-NET, ▲: KiK-net)

表-1 地震の諸元

No	発生日時	震央地名	緯度 (°)	経度 (°)	深さ (km)	M_{JMA}	M_w	地震タイプ
1	1997/6/25 18:50:13	山口県中部	34.4400	131.6650	8	6.6	5.8	地殻内
2	1997/9/4 5:15:43	鳥取県西部	35.2617	133.3767	9	5.5	5.2	プレート内
3	1998/5/23 4:49:35	伊予灘	33.7033	131.8417	86	5.4	5.5	プレート内
4	2000/10/6 13:30:18	鳥取県西部	35.2733	133.3483	9	7.3	6.6	地殻内
5	2000/10/8 13:17:55	鳥取県東部	35.1383	133.1500	7	5.6	5.1	地殻内
6	2000/10/8 20:51:17	島根県東部	35.3683	133.3100	8	5.2	5.0	地殻内
7	2001/1/12 8:00:04	兵庫県北部	35.4650	134.4900	11	5.6	5.2	地殻内
8	2001/3/24 15:27:54	安芸灘	34.1317	132.6933	46	6.7	6.8	プレート内
9	2001/3/26 5:40:53	安芸灘	34.1167	132.7083	46	5.2	5.1	プレート内
10	2002/9/16 10:10:50	鳥取県中部	35.3700	133.7383	10	5.5	5.1	地殻内
11	2006/9/26 7:03:48	伊予灘	33.5050	131.8833	70	5.3	5.3	プレート内
12	2007/4/26 9:02:57	愛媛県東予	33.8883	133.5833	39	5.3	5.0	プレート内
13	2011/6/4 1:57:31	島根県東部	35.0950	132.6700	11	5.2	4.9	地殻内
14	2011/11/21 19:16:29	広島県北部	34.8717	132.8933	12	5.4	5.2	地殻内
15	2013/4/13 5:33:18	淡路島付近	34.4183	134.8283	15	6.3	5.8	地殻内
16	2014/3/14 2:06:51	伊予灘	33.6917	131.8900	78	6.2	6.3	プレート内
17	2016/10/21 14:07:23	鳥取県中部	35.3800	133.8550	11	6.6	6.2	地殻内
18	2016/10/21 14:53:17	鳥取県中部	35.3600	133.8667	9	5.0	4.7	地殻内
19	2018/4/9 1:32:31	鳥取県西部	35.1833	132.5867	12	6.1	5.6	地殻内
20	2018/6/26 17:00:10	広島県北部	34.9300	132.8717	12	5.0	4.6	地殻内

の c_{3i} は i 番目の地震の震源に依存する係数, X_{ij} は i 番目の地震における j 番目の地震観測点の震源距離(km)である. c_{2k} は距離減衰に関する係数であり, k が 1 の場合は地殻内地震, 2 の場合はプレート内地震に対応する. c_{3j} は j 番目の地震観測点の地盤増幅に関する係数であり, I_{Aij} の地盤増幅度 F_{Aij} は $10^{c_{3j}}$ で表される. 右辺第 2 項の幾何減衰項は地殻内地震に対しては, 片岡他⁹⁾を参考に震源距離 80km を境に変化させて解析を行った.

また, 回帰分析の際は既往研究¹⁰⁾でも基準観測点とした KiK-net 神石(HRS11)と KiK-net 建部(OKYH05)を基準観測点とし, これら 2 地点の c_{3j} を 0 とし, 拘束条件とし, 基準観測点に対する相対的な地盤増幅度を求めた. 2 地点の I_{Aij} は既往研究¹⁰⁾で求めた地盤情報に基づく重複反射理論により, 地表面の地震波形から求めた最下層の解放面の地震波形から計算した値を用いた.

(2) スペクトルインバージョン

加速度フーリエスペクトルを構成する震源特性, 伝播経路特性, サイト増幅特性は式(12), (13)をもとに, スペクトルインバージョン¹¹⁾によって評価した.

$$A_{ij}(f) = S_i(f) \cdot P_{ijk}(f) \cdot G_j(f) \quad (12)$$

$$P_{ijk}(f) = \frac{1}{X_{ij}} \prod_{k=1}^2 \exp\left(-\frac{\pi f X_{ij}}{Q_{sk}(f) V_{sk}}\right) \quad (13)$$

$A_{ij}(f)$ は i 番目の地震における j 番目の地震観測点の加速度フーリエスペクトル, $S_i(f)$ は i 番目の地震の震源特性, $P_{ijk}(f)$ は i 番目の地震における j 番目の地震観測点の伝播経路特性であり, k が 1 の場合は地殻内地震, 2 の場合はプレート内地震に対応する. $G_j(f)$ は j 番目の地震観測点のサイト増幅特性である. 式(13)の $Q_{sk}(f)$ は S 波に関する Q 値, V_{sk} は伝播経路における S 波速度である.

スペクトルインバージョンに用いた加速度フーリエスペクトル $A_{ij}(f)$ の解析対象区間は, 川瀬・松尾¹²⁾をもとに地震の規模に応じて, S 波到達後 5~15 秒間の区間とした. S 波到達時間は目視で読み取り, 波形を切り出す際には切り出す区間の両端に 5% のコサインテーパを施した. 振動数領域は 0.2Hz~20Hz を対象とし, バンド幅 0.1Hz の Parzen window をかけた. スペクトルは水平 2 成分の自乗和平方根値とした. Q_s 値も川瀬・松尾¹²⁾を参考にして, 地殻内地震, プレート内地震, それぞれに対して求めた. 幾何減衰項は式(11)と同じように扱った.

式(12)の各特性は両辺の常用対数を取り, 連立方程式を解くことによって求めた. ただし, $S_i(f)$ と $G_j(f)$ にトレードオフの関係があるので, 式(11)を求めた際と同様に, KiK-net 神石(HRS11)と KiK-net 建部(OKYH05)を基準観測点に定め, 後述の SH 波理論伝達関数をこれらの地震観測点の $G_j(f)$ として用い, 拘束条件とした. スペクトルインバージョンで得られる他の地震観測点のサイト増幅特性はこれら 2 地点に対する相対的な値となる. なお, これら 2 つの地震観測点の最下層と地震基盤の S 波速度と密度が異なるので, $G_j(f)$ に対してインピーダンス比による補正を行った. 図-2 に拘束条件とした KiK-net 神石(HRS11)と KiK-net 建部(OKYH05)の SH 波理論伝達関数(2E)を示す. 図から明らかなように, いずれの伝達関数も 10Hz 前後で増幅度が大きくなっている.

5. 地盤増幅度とサイト増幅特性の評価結果

本章では, 解析の結果, 得られた Arias Intensity の地盤増幅度, スペクトルインバージョンで得られたサイト増幅特性について説明する.

(1) Arias Intensity の地盤増幅度

図-3 に Arias Intensity の地盤増幅度 F_{Aij} の分布を示す. F_{Aij} の分布図を見ると, 増幅度が 1~10 の地点が最も多く, 全体の約 53% を占めている. 次に多いのは増幅度が 10~20 の地点であり, 全体の約 28% であった. 増幅度

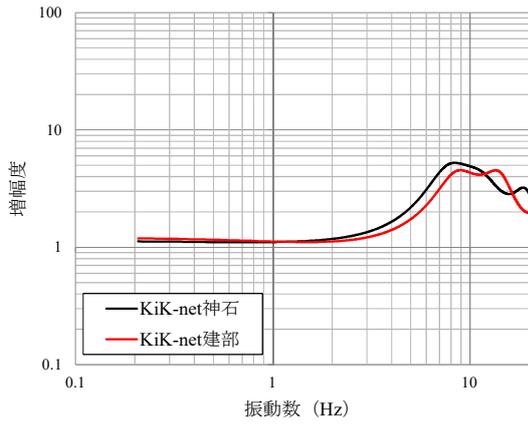


図-2 基準観測点のSH波理論伝達関数(2E)

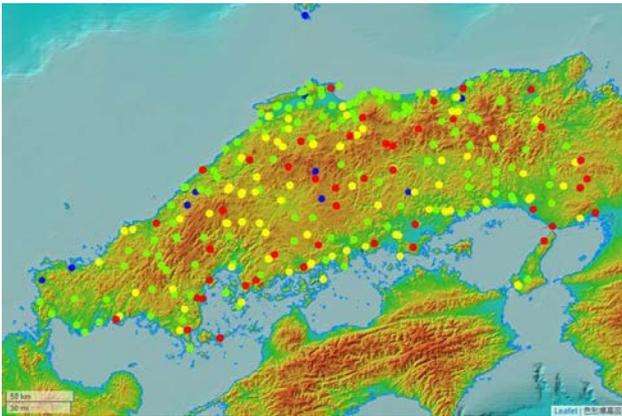


図-3 F_{AIj} の分布 (●~1, ●1~10, ●10~20, ●20~)

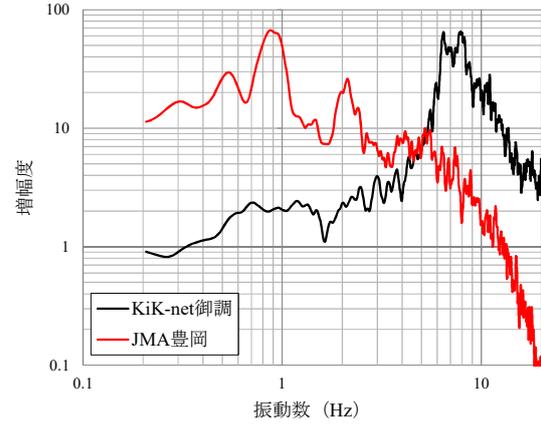
が 20 以上の地点は全体の約 15%であり、広島県で最も多かった。

F_{AIj} が最も大きい地点は KiK-net 御調(HRSH03)であり、 F_{AIj} が 138.54、次に大きかった JMA 豊岡(EA3)の F_{AIj} は 71.57であった。

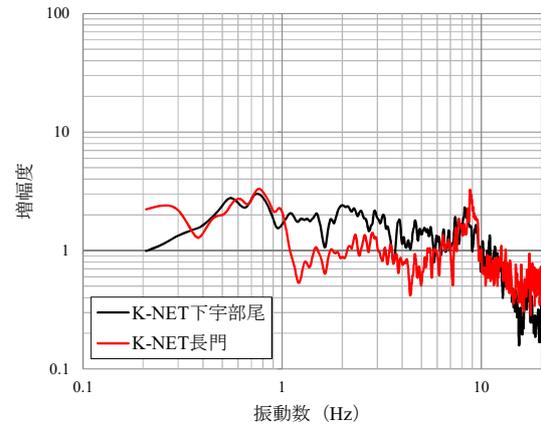
(2) サイト増幅特性

続いて、図-4 にサイト増幅特性の一例、図-5 にサイト増幅特性の振動数ごとの増幅度分布を示す。図-4 は地盤増幅度 F_{AIj} が上位 1, 2 位の地震観測点 (KiK-net 御調, JMA 豊岡) と、地盤増幅度 F_{AIj} が 1 未満の 2 地点のサイト増幅特性である。KiK-net 御調は 5.7~12.8Hz で増幅度が 10 を超えており、ピークは 7.86Hz の 65.59 である。一方、JMA 豊岡は KiK-net 御調とは逆に、低振動数側の増幅度が大きく、2.5Hz よりも低振動の多くで増幅度が 10 を超えており、ピーク増幅度は 0.88Hz の 67.05 である。地盤増幅度 F_{AIj} が 1 未満の 2 地点、K-NET 下宇部尾 (SMN020)、K-NET 長門 (YMG004) は増幅度が大きくても 3 程度であり、全体的に増幅度が小さい。

図-5 の振動数ごとのサイト増幅特性の増幅度の傾向を見ると、(1)の 0.5Hz では、鳥取県と兵庫県の沿岸部や、JMA 豊岡の位置する兵庫県豊岡市などで増幅度が 10 を



(1) KiK-net御調 (138.54) , JMA豊岡 (71.57)



(2) K-NET下宇部尾 (0.52) , K-NET長門 (0.66)

図-4 サイト増幅特性 (括弧内の数値は F_{AIj})

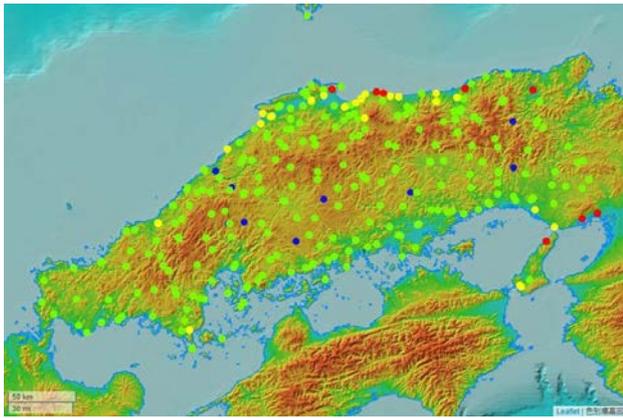
超えており、また、増幅度が 5~10 の地点は鳥取県や島根県で多く見られた。

(2)の 1Hz では、(1)に比べて、増幅度の大きな地点が増え、鳥取県から島根県の沿岸部、山陽側は山口県と広島県の沿岸部の地点で増幅度が 10 以上の地点が見られる。また、増幅度が 1 以下の地点は 4 つの振動数で最も多く、山間部を中心に存在する。

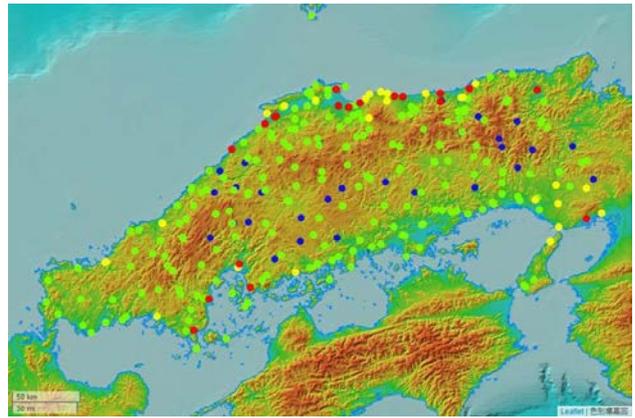
(3)の 5Hz と(4)の 10Hz では、0.5Hz と 1Hz とは異なり、増幅度が 10 を超える地点は沿岸部だけでなく、内陸部にも分布していることが分かる。

6. サイト増幅特性の積分値と地盤増幅度の関係

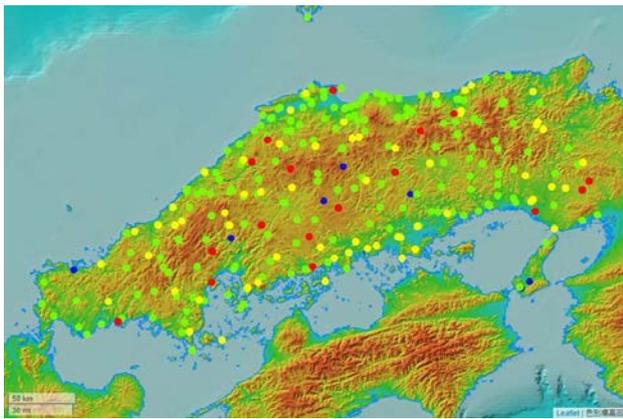
式(10)に示すように、ある条件下では Arias Intensity I_A とサイト増幅特性の積分値に比例関係があることから、地盤増幅度 F_{AIj} とサイト増幅特性の積分値にも相関関係があると考えられる。本研究では積分の対象振動数を変化させて、サイト増幅特性の積分値を求めて、 F_{AIj} との相関関係を調べることにより、どのような振動数が F_{AIj} へ寄与するかを評価した。サイト増幅特性の二乗値の積



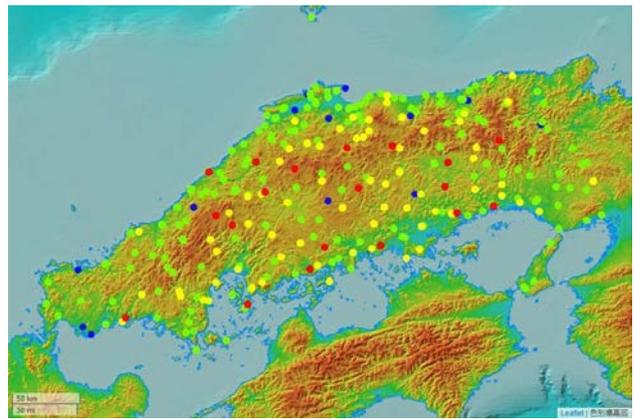
(1) 0.5Hz



(2) 1Hz



(3) 5Hz



(4) 10Hz

図-5 サイト増幅特性の増幅度分布 (●～1, ●1～5, ●5～10, ●10～)

分値を I_g と定義し、式(14)で計算した。

$$I_g = \frac{1}{f_2 - f_1} \int_{f_1}^{f_2} G(f)^2 df \quad (14)$$

f_1 と f_2 は積分の下限振動数(Hz)と上限振動数(Hz)である。式(14)の積分値 I_g は台形積分で求めた。

地盤増幅度 F_{Aij} と I_g 、それぞれの常用対数値を1次式で回帰するとともに、相関係数を求めた。この際、 f_2 は20Hzに固定し、 f_1 を0.2～10Hzまで変化させた。図-6に f_1 を変化させて回帰式を求めた際に得られた相関係数、図-7に f_1 が0.2Hz、1Hz、5Hz、10Hzの場合の I_g と F_{Aij} の関係を示す。

図-6の積分値の下限振動数 f_1 による相関係数の変化を見ると、 f_1 が1Hz以下では相関係数が0.9を超える高い値であり、また、図-7の(1)と(2)を見ると、 I_g と F_{Aij} のばらつきが小さく、赤い回帰直線付近に I_g と F_{Aij} が分布していることが分かる。

f_1 が1Hz以上では振動数が高くなるほど、相関係数が低くなっており、 f_1 が10Hzでは、図-7の(4)からも明らかのように、 I_g と F_{Aij} のばらつきが大きく、相関係数が

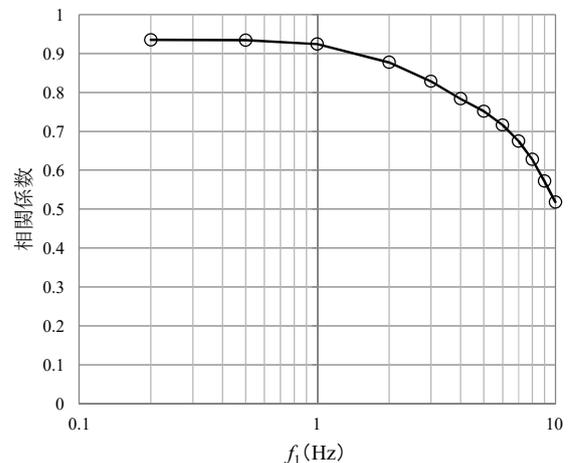


図-6 積分値の下限振動数 f_1 による相関係数の変化

0.518であった。

以上の検討結果から明らかなように、サイト増幅特性二乗値の積分値から、地盤増幅度を精度よく評価するためには、1Hz以下の低振動数まで積分範囲とする必要がある。従って、地盤条件から Arias Intensity の地盤増幅度を精度良く評価するためには、平均 S 波速度の計算対象

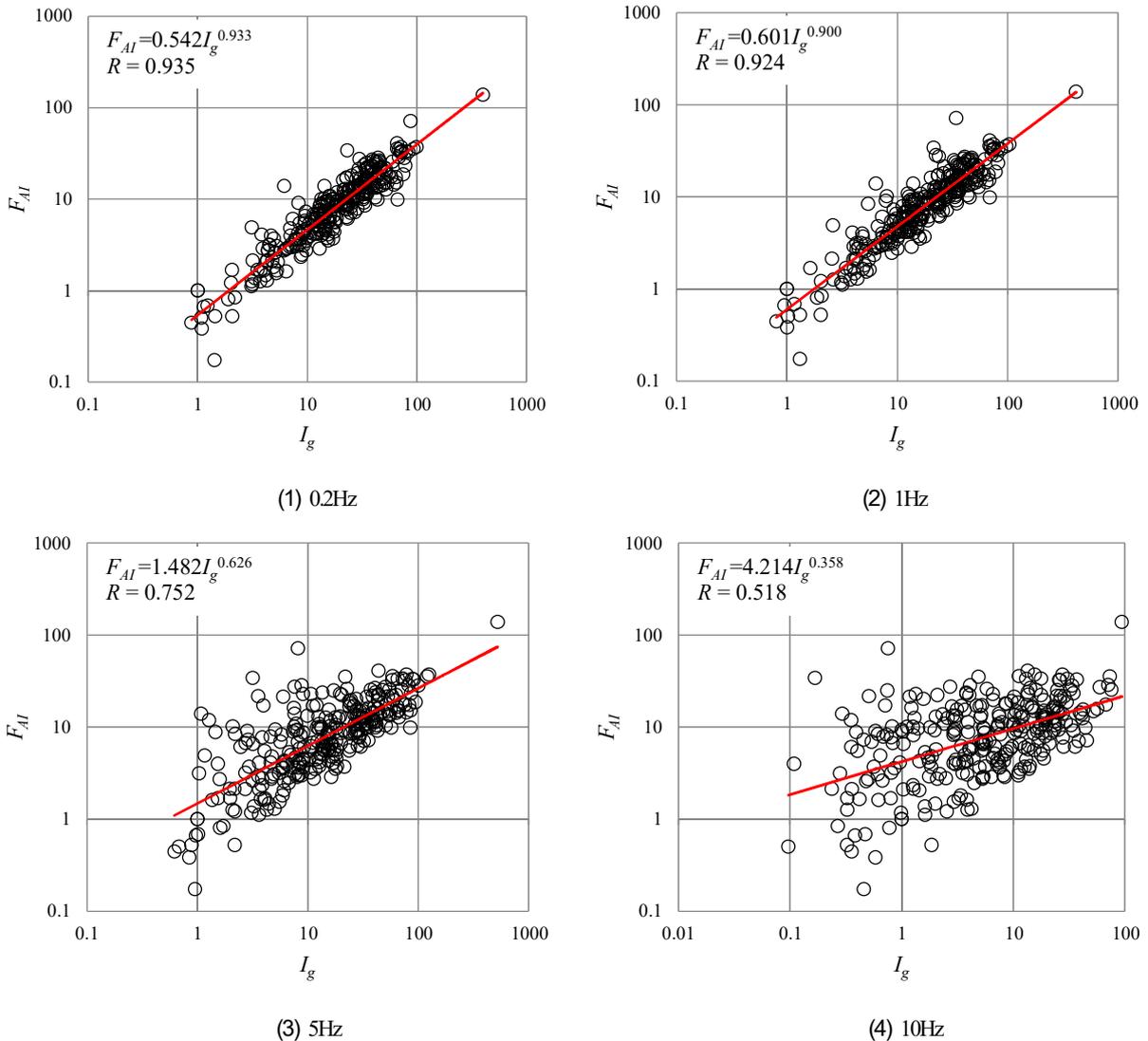


図-7 I_g と F_{Ai} の関係

となることが多い表層 30m だけでなく、30m 以深の地盤構造も考慮することが望ましいと考える。

7. 結論

本研究では、斜面崩壊や液状化だけでなく、橋梁などの土木構造物の地震被害予測でも用いられている Arias Intensity の予測精度向上を目的として、Arias Intensity の地盤増幅度 F_{Ai} とサイト増幅特性の関係を調べた。

まず、Arias Intensity と加速度フーリエスペクトルの関係をもとに、サイト増幅特性の二乗値の積分値と Arias Intensity を関連付けた。

続いて、中国地方などの地震観測点を対象に Arias Intensity の地盤増幅度 F_{Ai} とサイト増幅特性を評価した。その結果、KiK-net 御調の増幅度が最も大きく、138.54 であり、次に大きかった JMA 豊岡は 71.57 であった。また、 F_{Ai} の大きな地点は特定の地域に偏ることがなく、対象地域で満遍なく分布していることが明らかになった。

サイト増幅特性は 0.5Hz, 1Hz では、沿岸部で増幅度の大きい地点が多く見られたが、5Hz, 10Hz の増幅度が大きい地点は山間部などの内陸部にも見られた。

最後にサイト増幅特性二乗値の積分値と地盤増幅度 F_{Ai} の相関関係を調べた。積分の上限振動数を20Hzに固定し、下限振動数を0.2Hzから10Hzまで変化させて、相関係数を求めたところ、下限振動数が0.2Hzの場合に相関係数が最も高くなった。この結果から、地盤に起因する増幅特性において低振動数成分も F_{Ai} の予測精度に影響を及ぼすと考えられるため、平均S波速度から F_{Ai} を予測する際は従来のように表層30mだけでなく、30m以深の地盤構造も考慮する必要があると考えられる。

今後は本稿で得られた知見をもとに、表層 30m だけでなく、30m 以深の地盤情報も考慮した F_{Ai} の予測式を求める予定である。

謝辞：本研究では気象庁、国立研究開発法人 防災科学技術研究所の K-NET, KiK-net, 鳥取県、島根県の地震

観測記録を使用させて頂きました。地盤構造の同定の際には早稲田大学の安井 譲先生ご提供のプログラムを使用させて頂きました。一部の図の作成において、国土地理院の地理院タイル¹⁹⁾を利用させて頂きました。標高図の海域部は海上保安庁海洋情報部の資料を使用して作成しました。また、本研究は JSPS 科研費 JP18KK0129 (研究代表者：宮島昌克)，JSPS 科研費 JP20K05028 (研究代表者：野口竜也)，および、令和 2 年度金井学園若手研究者育成研究費の助成を受けた。記して御礼申し上げます。

参考文献

- 1) Arias, A. : A measure of earthquake intensity. In R. Hansen (Ed.), Seismic design of nuclear power plants. M.I.T. Press, 1970.
- 2) J. M. Liu, T. Wang, S. R. Wu, and M. T. Gao : New empirical relationships between arias intensity and peak ground acceleration, *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol.106, No. 5, pp.2168-2176, 2016.
- 3) K. W. Campbell and Y. Bozorgnia : Ground motion models for the horizontal components of Arias intensity (AI) and cumulative absolute velocity (CAV) using the NGA-West2 database, *Earthquake Spectra*, Vol. 35, No. 3, pp. 1289–1310, 2019.
- 4) Boore, D. M., : Stochastic simulation of high frequency ground motions based on seismological models of the radiated spectra, *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol.73, pp.1865-1894, 1983.
- 5) 中村亮一：伝播経路の 3 次元減衰構造と強震動，第 38 回地盤震動シンポジウム，日本建築学会，pp.23-32，2010.
- 6) 気象庁：地震月報（カタログ編），<https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/index.html>，（2020 年 9 月 6 日閲覧）。
- 7) 防災科学技術研究所 広帯域地震観測網 F-net：<https://www.fnet.bosai.go.jp/top.php?LANG=ja>，（2021 年 8 月 1 日閲覧）。
- 8) 福島美光，田中貞二：新しいデータベースを用いた最大加速度の距離減衰式の改訂，地震学会 1992 年秋季大会講演予稿集，p.116，1992.
- 9) 片岡正次郎，佐藤智美，松本俊輔，日下部毅明：短周期レベルをパラメータとした地震動強さの距離減衰式，土木学会論文集 A，第 62 巻，第 4 号，pp.740-757，2006.
- 10) 西川隼人，野口竜也，宮島昌克，香川敬生：自治体観測点を含む中国地方の地震観測点のサイト増幅特性評価，土木学会第 74 回年次学術講演会講演概要集，CS12-12，2019.
- 11) 岩田知孝，入倉孝次郎：観測された地震波から，震源特性・伝播経路特性及び観測点近傍の地盤特性を分離する試み，地震 第 2 輯，第 39 巻，第 4 号，pp.579-593，1986.
- 12) 川瀬 博，松尾秀典：K-NET，KiK-net，JMA 震度計観測網による強震記録から分離したサイト増幅特性と S 波速度構造との対応，日本地震工学会論文集，第 4 巻，第 4 号，pp.126-145，2004.
- 13) 国土地理院ホームページ：地理院タイル一覧，<https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>，（2021 年 8 月 2 日閲覧）。

RELATIONSHIP BETWEEN SITE AMPLIFICATION FACTORS FOR ARIAS INTENSITY AND SITE EFFECTS

Hayato NISHIKAWA, Tatsuya NOGUCHI, Toshikazu IKEMOTO and Masakatsu MIYAJIMA

In this study, in order to accurately evaluate the Arias intensity used for damage prediction of infrastructures during an earthquake, we investigated the relationship between site amplification factors for Arias intensity and site effects. First, we derived the relational expression between Arias intensity, acceleration Fourier spectrum, and site effects. Next, we evaluated the site amplification factors and site effects of seismic observation sites in the Chugoku region, and the characteristics of their distribution was investigated. Finally, as a result of investigating the correlation between the site amplification factors of Arias intensity and the integral values of the squared values of the site amplification effects, the correlation coefficient between the amplification factors and the integral values was the highest when the lower limit frequency of integration was 0.2 Hz.