

◆ 設計法特集 ◆

地盤定数設定の実態に関するアンケート調査

秋田直樹* 福井次郎** 白戸真大*** 松井謙二****

1. はじめに

橋梁基礎の設計において最も重要な事項の一つに、設計に用いる地盤定数があるが、その設定にあたっては、様々な問題がある。

まず、基礎の設計を支配する地盤材料は、自然材料であるため、構造材料とは異なり、調査を行うまで設計に必要な情報が得られない。しかも、ばらつきが大きく、土質・地質自体に地域性がある材料である。さらに、予算の制約上、調査を多数行うことができない場合がある。もう一つは、設計に必要な定数の種類が基礎の設計計算に用いるモデルに依存し、また、材料の力学特性が応力やひずみの小さい範囲から非線形であるために、設計計算で想定する基礎の変位量、荷重レベルに併せて調査方法を決定する必要がある。

一般に、基礎の設計には、発注者、設計者、地盤調査者(以下、「調査者」と言う)の3者が携わる。施工の段階で不具合が生じると施工者も携わる。しかし、上述のように、地盤の特性は地域性があること、地盤はばらつきが大きく、かつ特性が非線形なために設計に必要な定数を得るための調査に高度な専門知識が必要とされること、そして、設計計算と必要な地盤定数が密接に依存する

ことを考えると、合理的な設計を行うためには、調査と設計の間において十分な情報交換が可能な環境を作ることが大切である。

そこで、筆者らは、最適な地盤定数の設定法を確立することを目標に、まずその実態を把握するためアンケート調査を行った。

2. アンケート調査の概要

アンケートは、地方整備局および道路関係公団(発注者)、全国地質調査業協会連合会(調査者)、建設コンサルタンツ協会(設計者)、日本土木工業協会(施工者)の各機関の中堅技術者を対象に実施した。回答者の人数および人選は各機関に一任した。質問は、調査計画・立案に関する質問、詳細設計時の具体的な調査方法に関する質問、現在の地盤調査と設計の発注形態、作業の流れに関する質問、地盤調査と橋梁設計の観点から見た改善点についての質問等の項目について行った。詳細は紙面の都合上省略する。

なお、今回の報告に載せたもの以外にもアンケートの質問項目はあるが、これらについては2002年4月に鎌倉で開催される国際会議(International Workshop)¹⁾において発表するので、そちらも参照されたい。

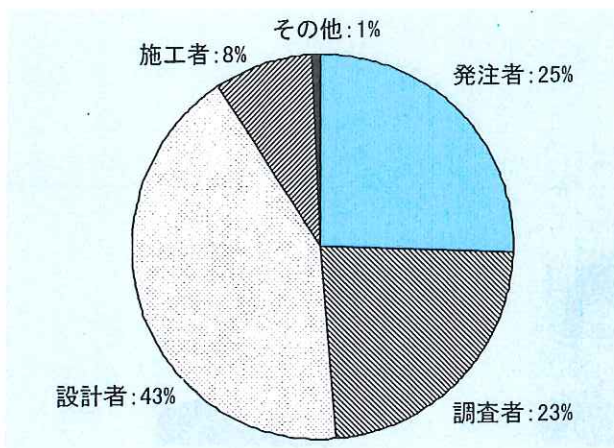


図-1 回答者の職種

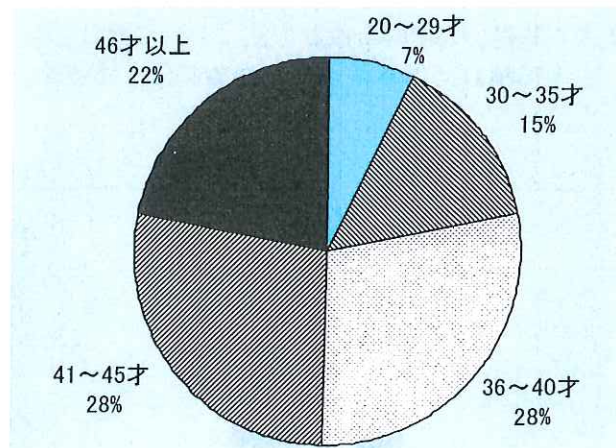


図-2 回答者の年齢

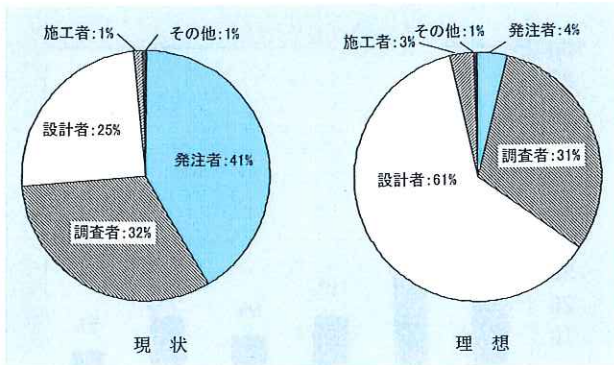


図-3 地盤調査計画立案者 (全体意見)

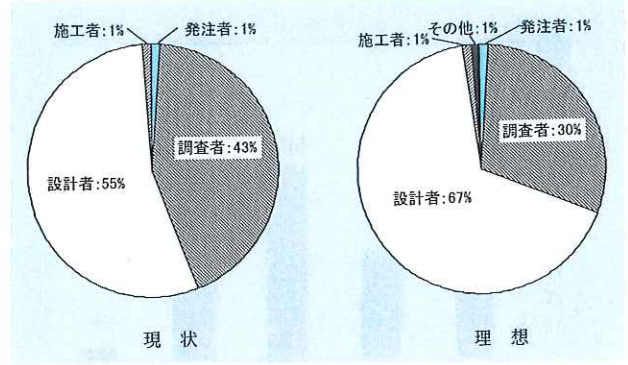


図-4 地盤定数の設定者 (全体意見)

3. アンケートの結果

3.1 回答者の内訳

最初にそれぞれの職種と年齢を質問した。職種を図-1に、年齢層を図-2に示す。アンケートの回答者の総数は314人であり、その中では設計者からの回答が多いが、調査者、発注者の回答も比較的多い。また、回答者の年齢層は10年以上の経験を持つと考えられる36才以上が3/4以上を占めている。

3.2 地盤調査計画の立案者について

地盤調査の計画は、現状では、どの立場が立案(単に他者が作成した計画を承認する場合は除外する)しているか、また、理想では、どの立場が立案するのがふさわしいと考えているのかを回答してもらった。回答は「発注者」「調査者」「設計者」「施工者」「その他」の選択肢の中から1つ選択してもらった。

結果を図-3に示す。現状では、発注者、調査者、設計者のそれぞれがほぼ同じ割合で地盤調査計画の立案を行っているとの認識を持っていることが判明した。しかし、理想では、調査計画を立案するのにふさわしい立場として設計者を挙げた人が全体の6割に達したが、発注者を挙げた人は全体の4%しかいなかった。

また、調査者を挙げた人は現状とほとんど同じであったが、その回答者の44%が調査者自身であった。以上のような現状と理想の違いは、後に整理する、現在の作業形態の改善に関する提言と密接に関係していると思われる。

3.3 基礎の設計における地盤定数の設定

基礎の設計における地盤定数の設定が現状ではどの立場の人によって立案されているのか、また、理想ではどの立場の人が立案するのがふさわ

しいと考えているのかを回答してもらった。回答は「発注者」「調査者」「設計者」「施工者」「その他」の選択肢の中から1つ選択してもらった。

結果を図-4に示す。現状は、設計者が定数設定をしているとの回答が55%を占め、次に調査者が設定しているとの回答が43%を占める結果となった。理想として最もふさわしい立場に関しては、設計者の立場の割合が高くなる。ただし、調査者を挙げた回答者の6割は調査者であり、立案者の場合と同様に調査者自身で地盤定数の設定を望む傾向が見られる。

3.4 地盤調査の妥当性に関する質問

3.4.1 調査不足と調査の不適切

地盤調査のうち、ボーリング、サンプリング、室内試験、原位置試験に関して、現状にそれぞれの立場の技術者が不満足であった経験があるか否か、また、不満足である場合にどのように対応したのかを把握するための質問を行った。この質問は、地盤に関する情報の質と量について、満足する結果が得られているかを把握することを目的としている。回答は不満足であった経験のあるものを「ボーリング」「サンプリング」「室内試験」「原位置試験」「その他」から選択(複数回答可)してもらい、その具体的内容も記述してもらった。

その結果、全回答者のうち95%が、何らかの調査不足および不適切な調査を経験したと回答した。回答者全体に対する各回答の比率を図-5に示す。

ボーリングに対しては回答者の82%が何らかの不満足であった経験を有しており、主な意見をまとめると以下ようになる。

- (1) 斜面上および地層の変化が大きい場所では、ボーリング数が少ないと支持層を特定できない。
- (2) 全ての橋脚位置でボーリングが行われていない。

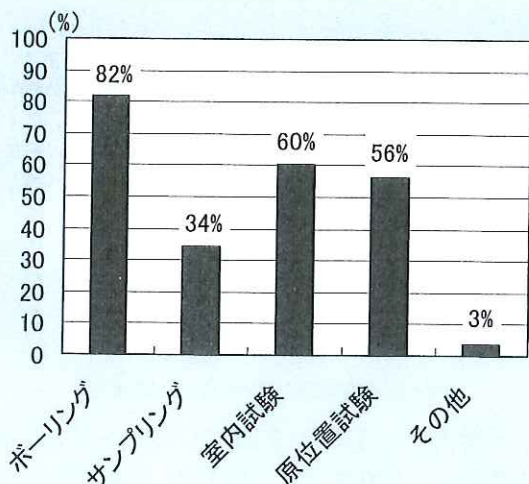


図-5 調査不足・不適切な経験を有する試験

(3) 予備設計時での橋脚位置の調査しか行わない場合があり、実際の橋脚位置と違う場所でボーリングが行われている場合があり、不都合が生じる。

サンプリングと室内試験に対する意見としては、調査不足という意見が多い。主な意見をまとめると以下ようになる。

- (1) N 値さえあれば基本的に設計できる体系にあることから、どうしてもボーリング優先となり、サンプリングや室内試験が不足する。
- (2) サンプリング数が少なく、試験結果にばらつきが生じた場合の評価が難しい。
- (3) 液状化判定を行うための室内試験が調査に見込まれていない

原位置試験に対しても、主に調査不足に関する意見が多く出された。主な意見を挙げると、

- (1) 杭基礎が想定されているのに孔内水平載荷試験が実施されていない。
- (2) 地下水の状況により、本来は透水試験を実施すべきであるのにも関わらず、試験が実施されていない。

などがあった。

3.4.2 調査不足・不適切に対する対応

調査不足および調査が不適切であった場合にどのような対応をしたのかを質問した。質問は 2.4.1 で回答してもらったものに対してどのような対応をしたのかを「追加調査の実施」「既存データの活用」「未対応(発注者の指示)」「未対応(時間的理由)」「未対応(経済的理由)」「その他」の選択肢の中から選択(複数回答可)してもらった。

図-6 に結果を示す。不適切な調査の対応とし

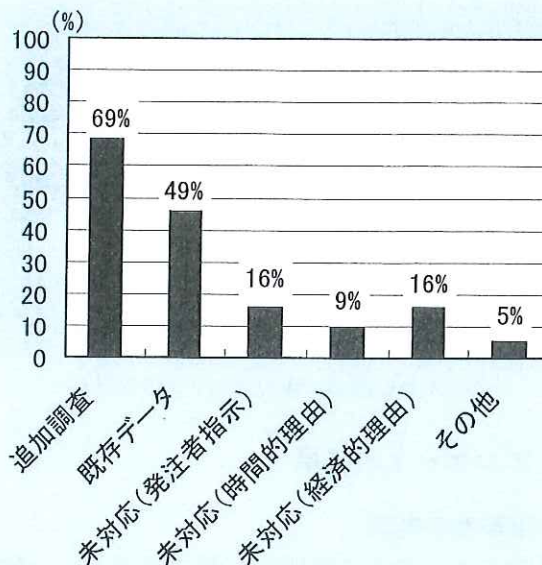


図-6 調査不足・不適切に対する対応(全体)

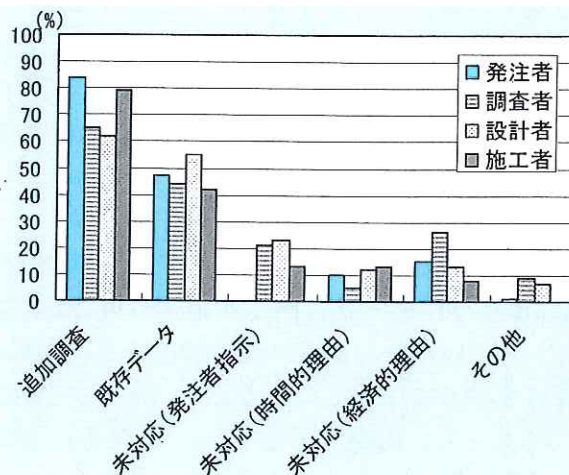


図-7 調査不足・不適切に対する対応(立場別)

て、全体では、追加調査の実施や既存データを使用するなど、何らかの形で対応したケースが半数以上を占めている。しかし、図-7 に示すように立場別の対応を見ると、発注者は追加調査、既存データによる対応が多いのに対し、設計者、調査者は未対応であったという意見も多くでており、その理由として「発注者の指示によるもの」と「経済的理由によるもの」が多く挙げられていた。このように、技術者の立場によって異なる対応をすることがわかる。

3.5 発注形態、作業の流れに関する問題点

より合理的な基礎の設計を行うために、現在の地盤調査と基礎設計の作業の流れをどのように改善していけば良いのかを把握する目的で、現状の発注形態、作業の流れに関して、問題点を記述式で回答してもらった。同様の主旨と考えられる意

見をグループ化して整理したものを以下に示す。

- (1) 発注者、設計者および調査者の間において立場の違いから地盤に対する見解、技術判断が異なることがあるため、詳細設計時点で、調査位置のずれや調査不足となる場合がある。
- (2) 詳細設計の前にはボーリング等による地盤調査が終了していることから、詳細設計をしているときに必要な調査データが不足することがある
- (3) 発注者、調査者および設計者の間で情報交換をする場がない。
- (4) 調査予算が十分でないため、必要なボーリング調査、各種試験および追加調査を行うことができない。
- (5) 調査および詳細設計に要する工期が十分でない。
- (6) 調査する人によってデータのばらつきがあるため、調査精度の向上を望む。

等の回答が出ていた。

(1)、(2)、(3) は全体の 34% が同様の回答をしていた。特に設計者は約 39% が回答しており、他の立場に比べて多かった。詳細設計時において地盤調査データは非常に重要なものであるため、上記のような問題点の改善が望まれている。

ここで、(1)~(3) の回答者の記述の中から、改善に関する提言として記されているものを整理する。

- A) 概略・予備設計段階で実際に詳細設計を行う設計者が調査方法の提案を行い、設計前に必要な地盤調査を完了しておくべきである。
- B) 詳細設計時の調査は設計と密接であることから、できる限り詳細設計時の調査は設計と分離せずに発注することが必要である。
- C) 詳細設計時に設計者が容易に追加調査を行える体制を作してほしい。
- D) 発注者、設計者および調査者の意志疎通を図る場を設けてほしい。

A)、B) は、それぞれ全体の約 15% が回答し、C)、D) はそれぞれ約 10% が回答した。

A) と C) は、他の立場に比べて設計者からの回答が多かった。設計者は、地盤調査計画に、設計者の意図、すなわち設計・解析に必要な項目が十分反映されることを望んでいるものと考えられる。また、詳細設計時における追加調査を容易にでき

るような発注体系を希望する意見もあった。

B) は、いずれの立場からも同程度の割合で意見が出されていた。現在の発注体系は、調査と設計が分離されていることから、詳細設計時に必要となる地盤データの不足・不適切が発生する場合がある。詳細設計時の調査は設計とかなり密接であることから、できる限り詳細設計時の調査は設計と分離せずに発注することが必要と考えているものと思われる。

D) は、特に調査者からの意見が多かった。現在は、調査時に設計会社が決まっていなかった場合が多いが、設計の発注前に地盤調査内容を決定するのではなく、発注者、調査者および設計者が同時に現場および図面を見て、地盤調査方法・種類・内容等を設計内容と併せて協議・決定し、調査不足がおきない、より実際の調査計画をすることが望まれていると考えられる。また、このような意志疎通を図る場が設けられることを前提に、調査と設計を分割発注した方が、それぞれの専門性を発揮できる、と B) と逆の意見もあった。地盤調査と設計を別途発注することは、一括発注に比べて経済性の点ではやや劣る面があるが、検討すべき課題であると言える。

(4)、(5) も調査計画に関係する項目である。

また、(6) は、限界状態設計法を導入する際の課題のひとつである。調査精度の向上および個人差の少ない調査方法の開発が必要であると考えられる。

3.6 それぞれの立場に対する意見

自分の立場から、その他の立場に対して、地盤調査と橋梁基礎の設計の観点から改善した方が良いと思うことについて、それぞれの立場に対して記述式で意見を出してもらった。表-1 に同様の主旨と考えられる意見をグループ化して整理したものを示す。この表では、たとえば発注者の欄は、発注者の中で何%の人が意見を出したか、全体の欄は、全体で何%の人が意見を出したかを示している。なお、これらの意見には同じ立場に対しての意見も含まれている。

3.6.1 全体に対しての意見

まず、それぞれの立場において共通して、

- (1) 地盤調査方法に対する積極的な提案
- (2) 地盤調査方法に対する積極的な提案に関する意見が多かった。

表-1 それぞれの立場に対する意見

発注者に対する意見	発注者	調査者	設計者	施工者	全体
各立場の意思疎通に関する改善	8.8%	43.8%	33.3%	19.2%	28.3%
発注形態に関する改善	5.0%	24.7%	49.2%	53.8%	32.5%
データ管理に関する改善	1.3%	4.1%	4.5%	3.8%	3.5%

調査者に対する意見	発注者	調査者	設計者	施工者	全体
各立場の意思疎通に関する改善	17.5%	16.4%	30.3%	15.4%	22.5%
地盤調査方法に関する積極的な提案	18.8%	8.2%	22.0%	15.4%	17.4%
調査精度の向上、調査方法の改善	5.0%	4.1%	4.5%	15.4%	5.5%
報告書内容の改善	7.5%	4.1%	24.2%	23.1%	15.1%

設計者に対する意見	発注者	調査者	設計者	施工者	全体
各立場の意思疎通に関する改善	30.0%	56.2%	19.7%	65.4%	34.7%
地盤調査方法に関する積極的な提案	10.0%	4.1%	7.6%	3.8%	7.1%
現場に対する認識の改善	3.8%	4.1%	0.0%	3.8%	2.3%

施工者に対する意見	発注者	調査者	設計者	施工者	全体
各立場の意思疎通に関する改善	3.8%	26.0%	26.5%	19.2%	19.9%
地盤調査方法に対する積極的な提案	8.8%	4.1%	6.8%	0.0%	6.1%
地盤データの再確認	20.0%	8.2%	21.2%	3.8%	16.4%

(1) に関して具体的な内容を見てみると、

A) 発注者に対して

構造物の最適な設計・施工のために、発注者、調査者、設計者および施工者がお互いの立場を理解し、地盤調査と設計の連携の重要性を認識し、設計者の意見を事業の早期に取り入れて欲しい。地盤調査の前に調査者と設計者が協議できる場を設けて欲しい等の意見が全体（発注者も含む）の28%の人から出された。特に調査者（44%）、設計者（33%）から意志統一の重要性についての意見が多かった。

B) 調査者に対して

設計思想を理解しないままに調査が行われることが度々見受けられ、調査不足や過剰調査が生じているように感じられる。また、調査のこののみを知るのではなく、設計者と連携を取るなどして設計と構造物に関する知識を持って調査を実施して欲しいなどの意見が全体の23%の人から意見が出された。これは調査者も含めたいずれの立場からも意見が出されていた。特に設計者からの意見が多く、調査者が設計の内容についてある程度の知識を持つことが必要と考えられている。

C) 設計者に対して

設計者と調査者および施工者の接点が少なく問題

点の把握に欠けているため、調査者および施工者と連携をとることが必要であるという意見が全体の35%の人から出された。

D) 施工者に対して

設計・施工間、調査・施工間で互いの分野のを知る必要がある。連携をうまくとるようにして欲しいとの意見が全体の20%の人から出ていた。さらに具体的に、調査者および設計者が施工の現場を知ることは重要であると思うので、現場見学などの便を図ってもらいたいという意見もあった。地盤に関して、施工者からの情報が少ないので、施工の際に現場で得たデータを整理し、積極的に情報を交換して欲しいとの意見もあった。

以上をまとめると、現状では、

地盤調査における意志疎通が少なく、互いの立場の分野に関してもっと知識の向上が必要であるとの認識が多いことがわかる。この問題点を解決するためには、発注者が中心となり調査者、設計者および施工者と力を合わせて地盤調査についての見識をさらに深め、より効果的な地盤調査計画および地盤調査を率先して行う必要がある。

(2) については、実際に地盤調査を行う調査者に対して、地盤調査方法に対する積極的な提案をして欲しいとの意見が多かった。また、設計者と施工者に対しても地盤調査に対する提案を希望する意見もあった。具体的な内容を見てみると、

A) 調査者に対して

地盤調査終了後であっても、調査不足がある場合には追加調査を発注者に提案してもらいたい。その場合、互いの立場や状況、調査の必要性、予算の投資効果を明確とした提案としてもらいたい。また、調査立案の時点で詳細設計時に必要と考えられる調査項目や数量を積極的に発注者に提案してもらいたいとの意見が全体の17%

B) 設計者に対して

契約時または業務の初期の段階で必要な調査、試験や時期を積極的に提案してほしい。なお、この場合、予算の投入効果も考えた提案としてほし

いとの意見が全体の7%の人から出された。また、調査の重要性を発注者に理解してもらえるように、十分な説明、提案の努力が必要と考えるとの意見が設計者の立場から出されていた。

C) 施工者に対して

施工の際には、設計者の意図をよく理解し、設計上の想定と現場が異なる場合には必ず発注者に報告し、相違点を明確にして欲しいとの意見が全体の6%から出ている。

このように、調査者、設計者および施工者に地盤調査方法に対する提案を望む声は多い。ただし、提案された内容を判断し、それに答えられるだけの見識を発注者が身につける必要がある。

3.6.2 それぞれの立場に対する意見

それぞれの立場に共通して出されていた意見の他に、それぞれの立場に対する特有の意見もあった。その中でも比較的意見の多かった

- (1) 調査者に対する報告書の改善
- (2) 施工者に対する地盤データの再確認

の2種類についてまとめる。

まず、(1)は全体の15%から意見があった。特に設計者(24%)、施工者(23%)からの意見が多く、具体的には次のような内容である。

報告書の書き方がパターン化しているの、調査地点周辺の既存の調査結果との比較、整合性の検証、また、基礎構造あるいはすべり解析に対するコメントなどの考察を増やし、設計上の注意点がわかりやすい報告書づくりをしてもらいたい。他にも地盤定数設定の根拠および留意点の明確化・明文化を望む意見があり、地盤調査データを効率的に利用できるように報告書の内容について検討する必要があると考えられる。

(2)は、発注者および設計者を中心に全体の16%の人から出ている。具体的には次のような

内容である。

設計では構造物すべてに地盤調査を行っていない場合があるので、工事にあたっては必ず構造物の設計内容の把握と事前調査の実施を行って基礎工事に入るようにしてもらいたいと施工前に地盤調査の再確認を望むなどであった。

しかし、地盤調査の再確認は、施工段階において地盤データが不足・不適切である場合があるためにおこるものであり、この問題を解決するためには、設計時点できちんとした地盤調査を行い、追加調査をなるべく出さないようにする努力をする必要があると考えられる。

4. まとめ

今回のアンケート調査の結果より、地盤調査の現状がかなり把握できた。現状では、地盤調査において不満足な点があると考えている人がかなり多く、発注形態や各立場の意志疎通の重要性、調査精度の向上等、現在の地盤調査に対して改善を望む人が非常に多いことが判明した。

今後、土木研究所としても改善できるように取り組んで行く所存であるが、個々の技術者においても、このアンケート結果を真摯に受け止め、それぞれ研鑽を積むことを期待したい。

本アンケートは回答者のご協力無しにはなしえなかつたものです。回答にご協力頂いた各発注機関、全国地質調査業協会連合会、建設コンサルタント協会、日本土木工業協会の皆様には、深くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) Shirato, M., Fukui, J. and Matsui, K.: Present Situation regarding Ground Investigations and the Determination of Geotechnical Parameters in Japan, Proc. of the International Workshop, KAMAKURA, 2002.4. (印刷中)

秋田直樹*



独立行政法人土木研究所
構造物研究グループ
基礎チーム研究員
Naoki AKITA

福井次郎**



同 基礎チーム上席研究員
Jiro FUKUI

白戸真大***



同 基礎チーム研究員
Masahiro SHIRATO

松井謙二****



同 基礎チーム招聘研究員
Kenji MATSUI