

**REPORT**  
**OF THE REVIEW COMMITTEE**  
**FOR**  
**DEPARTMENT OF PHYSICS**  
**FACULTY OF SCIENCE**  
**THE UNIVERSITY OF TOKYO**

**JANUARY, 2005**

**DEPARTMENT OF PHYSICS**  
**FACULTY OF SCIENCE**  
**THE UNIVERSITY OF TOKYO**

## **The Review Committee**

### **Committee members**

- Hirotaaka Sugawara (Chair): Executive Vice-President,  
The Graduate Univeristy for Advanced Studies**
- Nobuhiro Go: Professor,  
Japan Atomic Energy Agency**
- Eiichi Hanamura: Professor,  
Chitose Institute of Science and Technology**
- Norio Kaifu: Director and Professor,  
National Astronomical Observatory of Japan**
- Shoji Nagamiya: Professor,  
High Energy Accelerator Research Organization**
- Fujio Shimizu: Professor,  
The University of Electro-Communications**
- Gordon Baym: Professor,  
University of Illinois at Urbana-Champaign**

### **Committee meeting (January 17-18, 2005)**

**January 16 (Sunday)**

**Evening Reception**

**January 17 (Monday)**

**Morning Preliminary Meeting  
Review on Educational Activities  
Presentations**

**Afternoon Presentations  
Meeting with students**

**Evening Dinner with faculty member**

**January 18 (Tuesday)**

**Morning Presentations**

**Afternoon Review Committee Meeting  
Meeting with Department Representatives**

**Report of the 2005 Review Committee  
of the Physics Department,  
University of Tokyo, Hongo Campus**

**Committee members:**

**Gordon Baym  
Nobuhiro Go  
Eiichi Hanamura  
Norio Kaifu  
Shoji Nagamiya  
Fujio Shimizu  
Hiroataka Sugawara (Chair)**

**Committee meetings  
held on January 17-18, 2005**

# Table of Contents

<b>THE DEPARTMENT AS A WHOLE</b>	1
1. Undergraduate education	1
2. Graduate education	1
3. Issues common to undergraduate and graduate education	2
4. Departmental management	4
5. Hiring policy	4
6. Research environment	5
<b>INDIVIDUAL RESEARCH FIELDS</b>	5
1. General physics	5
2. Condensed matter	7
3. Particles and nuclei	8
4. Cosmology and astrophysics	10

# THE DEPARTMENT AS A WHOLE

## 1. Undergraduate education

One of the strongest advantages the Department has is the quality of its undergraduate students. The Department continues to attract highly motivated and qualified students, although there is a tendency towards relative weakness compared to certain other departments within the University of Tokyo.

The level of the courses is adequate for the students; however, there remains room for further course offerings in specialized areas. We point out two areas where further improvements would be appropriate in the education of undergraduates:

- (1) Students seem to have difficulties in deciding a field of specialization for their graduate school education. They are exposed to only a restricted number of individual research groups. It would be better for them to become acquainted with wider areas and various research subjects before they decide which field they want to work in. While it is not possible for students to participate in more than a few seminar series that run throughout the semester, the Department could organize much shorter seminar series given by staff in all research areas.
- (2) More flexibility is desirable at the undergraduate level, although we understand that much effort has been made towards this direction after the first evaluation report in 1993.

## 2. Graduate education

We realize that a rather decisive change has occurred after the governmental policy change on graduate education and national universities. The change is not necessarily a favorable one. One of the new policies is the *Daigakuin Juuten-ka*; the most notable changes are the increase in the number of graduate students but not necessarily in their quality, and the number of teaching staff and level of environment. The other new policy is *Hojinka*, the re-organization of all national universities to agencies. Due to the review introduced by *Hojinka*, which evaluates the university including the fulfillment of graduate students, most university professors are starting to strictly advise their undergraduate students against going to graduate courses at other universities. It was pointed out that there is a gap between the level of Todai graduates and that of others becoming graduate students. Whether one maintains the number of graduate students, thus keeping the current level of budget, or one tries to maintain the level of the quality of students is a matter of departmental policy; we offer no further advice on this issue.

One natural step is to make an effort to recruit highly motivated students from abroad, particularly from East Asia, to the graduate courses. As a start, five students a year would be appropriate.

One of the advantages of bringing in foreign students is to create a multi-cultural international environment for students, reflecting the international practice of physics. It would help the students to communicate with non-Japanese. Bringing in foreign students, however, raises certain problems. The biggest is language. Is it appropriate for foreign students to take live physics courses in Japanese? In addition, since the academic calendars of other countries in general do not coincide with the Japanese academic year, one must plan for those students who arrive in mid-academic year. Lastly, but not least, the problem is how to bring foreign students into a research group.

At present, all new students must definitely select their research groups at the time of the entrance examination, before they are actually enrolled. This system requires students who are not undergraduates at the University to visit the campus before enrollment to get a full picture of the research opportunities offered. It is not a system that works for foreign students who would have to make their decisions on the basis of web pages without being able to have prior interaction with the professors and their current students. Thus, we recommend strongly to introduce a new, more flexible system that allows -- at least for a certain number of incoming students -- the possibility of students to select their research groups within the first year after the entrance examination time (cf. the 1993 review).

### **3. Issues common to undergraduate and graduate education**

Through interviews by the Committee members of a representative sample of undergraduate and graduate students, a number of issues were raised. Many of the issues can be resolved by faculty members interacting with students on a regular basis. We summarize examples discussed and raise possible related ideas below.

The most serious concern was about the lack of communication among students themselves and between the teachers and the students. We recommend that each faculty member assign a fixed time to meet with students, as is done in some foreign countries. Students tend to be very concerned that they might disturb the faculty members if they visit them at an unspecified time; it is much easier for them if a fixed time is assigned specifically for them to see their professors. Students should be encouraged to make appointments with faculty via e-mail. The faculty should also be encouraged to organize reading groups for undergraduates. Committee members were happy to hear that the creation of an office space for undergraduate and graduate students is already in process.

Among other suggestions were: extending the opening hours of the Department Library, development of new courses such as a frontier physics course, and the introduction of summer schools. In order to periodically review these issues between

undergraduate and graduate students and faculty, a possible mechanism that the Committee suggests is the creation of a new standing "Student-Faculty Interface Committee" within the Department, which would receive student input and periodically review issues between undergraduate and graduate students and faculty. Having an Annual Department Retreat, at which issues regarding the education of students and the quality of their experience in the University are discussed, would be also useful.

Another important issue for the above committee is whether the number of graduate research students per faculty, typically eight, should be re-evaluated, especially in view of the declining quality of the incoming students, and the current opportunities for employment in physics after leaving the University.

At present, students are required to present a defense of their choice of topic with indication of what has been accomplished so far, and how they will approach the problem, only if they apply for a *Gakushin* (JSPS) fellowship. The committee recommends that all students give a more general and formal presentation focusing on the future of the student's research, soon after they choose a research topic.

The economical situation of the students has been improved significantly compared to that at the time of the 1993 review. Despite the notable improvements, however, the level of support is not yet sufficient, particularly for graduate students at the masters level, where there is little support. Continuous effort is needed to improve the economical support of students, not only masters students, but doctoral students as well, whose support is better although still not adequate. The problem will become more acute after the Center of Excellence (COE) support terminates in three years. Teaching Assistant and Research Assistant systems should be creatively reconsidered after *Hojinka*. Although certain guidelines could be inherited from the time of strict MEXT (*Monkasho*) regulation, it is a matter for each university or for each school (*gakubu*) or even for each department to invent new ways of supporting students. These ways may be restricted by the size of the budget size, and should be dealt with common sense, depending on the circumstances.

The 1993 review pointed out that the quality of the students' English ability is generally poor. While we observe significant improvement at present, the problems remain far from solved. In addition to courses in English language, students should be encouraged to attend summer schools both in Japan and abroad, where the lectures are in English. We recommend that the Department encourage holding summer schools in Japan with lecturers invited from abroad, as is done in Europe and the U.S. Participation in such schools would also expose the students to a wider variety of physics.

An evaluation by students of teaching quality has been performed regularly during the past several years. However, an active and productive feedback of the results to faculty members needs to be implemented.

#### 4. Departmental management

*Budget and Supporting Staff:* The current budget of the Department is more or less appropriate. The annual management resource allocated by the School of Science (*Rigaku-bu*) is 200 million yen (M¥), and it is much smaller than the amount from the governmental competitive fund through the JSPS (*kakenhi*) which is 700 M¥. Almost all faculty members have outside funding sources, either in the form of *kakenhi*, or otherwise. These sources should allow the Department to use its management budget (*un-ei-hi*) almost entirely for purely educational purposes and for student support.

On the other hand, although we are not sure about future governmental policy for COE's, the Department should aggressively seek every opportunity to strengthen its financial condition. The Department (or the School, *Rigaku-bu*) appears to be adopting a policy of reducing the number of supporting staff. The reduction seems to be a healthy policy from the viewpoint of the difficulty of personnel management. However, reducing the support staff to a small number has a potential danger to reduce the scientific activities of the Department significantly. In addition, one must note that the cost of using outsourced services is generally higher than through direct employment inside the Department.

*Long-Term Future of the Department:* Members of the committee pointed out that the policy for future directions of the Department must be explored more aggressively. Biophysics and atomic physics are examples that were discussed by the committee, but other new fields should also be considered. The important point on which the committee members unanimously agree is that communication among the faculty members must be strengthened to reach a level of consensus on the future directions of the Department.

#### 5. Hiring policy

One of the most important issues of management is the hiring policy for faculty and staff. The present rule is to give a uniform chance to a broad community when vacant positions are to be filled in the Department. While serious concerns were expressed to us that the implementation of the current rule is not quite adequate (resulting in some dissatisfaction among Department members), we believe that the present rule itself is a good one. The trouble appears to be that when the Department wants to promote a specific associate professor to full professor, the Department has to prepare a vacant position and announce it to the public even though the intention is to promote the specific person. The committee members expressed a diversity of opinions, and we are not able to give unanimous advice. Some of the opinions were:

- (1) The current process is basically the right one. The person considered for the promotion should compete with candidates from a wider community.

- (2) Promotion mechanisms other than the current one could be introduced. The Department could form a committee to consider a specific case and ask outside experts for an evaluation and comparison with other outside researchers.

We recommend that the system be further studied. Although we heard that the present system was introduced by unanimous agreement within the Department beforehand, the system should be constantly reviewed and improved so that one can eliminate possible deficiencies.

Finally, we recommend that the Department hire foreign faculty members, more female professors, and recruit more female students, in order to maintain a proper balance among faculties and students.

## **6. Research environment**

The research environment is generally good, especially if one takes into account the close collaborations with other laboratories such as RIKEN, the Cosmic Ray Institute, the Institute for Solid-State Physics, KEK, the National Astronomical Observatory, etc. Many department members are playing leading roles in the projects of these institutes where they can train their students as part of their activities. This interdependence of various institutes is an inevitable direction in the future and we recommend that the Department define its role in this larger environment. It has to assert its uniqueness but at the same time it should avoid unnecessary duplication or excessive independence.

# **INDIVIDUAL RESEARCH FIELDS**

## **1. General Physics**

The 1993 review of the Physics Department in 1993 presciently stated that "modern atomic physics is an important field that the Department may be well advised to consider in the future." Since then this field has produced six Nobel Prize winners, in laser cooling of atomic gases and Bose-Einstein condensation of ultracold atoms.

From the middle of the last decade on, a wide variety of macroscopic quantum phenomena in both bosonic and fermionic atomic, as well as molecular, gases have been observed in laboratories worldwide. Even though several groups in the Department have the physical and technical background to enter this fruitful field, this area has not received adequate attention in the Department. There is a level of theoretical interest in the Department. For example, Professor Wadati works in this area. Professor

Hatsuda's work touches on the many-body problems of cold-atom physics. One of the committee members (G. Baym) has given short courses on Bose-Einstein condensation in Winter 2002 and again in Winter 2004. Suffice it to repeat the recommendation that the rapidly growing field of atomic, molecular and optical (AMO) physics remains one that the Department is advised to consider future growth in; we realize that it is not adequate simply to request activity in a specific field, even if the field is very popular and productive.

Among the Department activities in AMO are those of Professor Kobayashi, who has kept the world record for short light pulses for many years, by constantly improving his short-pulse generation technique. The Departmental members in this area of experimental physics compete well, or are capable of competing well, with the top groups in their respective fields. These groups can enjoy greater visibility only when their scientific and technical achievements trigger new developments in the field, or create new fields.

### **Plasma Physics**

Research in plasma physics is led by Professor Takase, who holds a joint appointment with the Physics Department. The group has its own spherical tokamak device, the TST-2. In addition, active collaborations are in progress with JT-60U at JAERI and NSTX at Princeton University. In the future, it is expected that this group will play a major role in the International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER).

Among many significant contributions to the field, we note the importance of their effort toward the extremely high-beta plasma, where "beta" indicates the ratio of a plasma pressure to a magnetic pressure. The realization of the ultrahigh-beta plasma is one of key issues in ITER. By using the existing TST-2, a new method of creating the ultrahigh-beta plasma is now under investigation.

Overall, although the size of the group is small, the quality of its research is very high. The issue of whether the level of plasma physics research should be increased in the University, especially in view of the Japanese role in ITER, needs to be visited.

### **Biophysics**

The biophysics groups consist of three Professors, Kuwajima, Nose, and Sano. Professor Kuwajima, who is involved in the experimental study of protein folding - one of the most profound problems existing between physics and biology - is clearly a leading and internationally renowned researcher in this field, as is evident from his record of publications and also from activities such as being the editor of one of the leading journals in the field. Professor Nose is involved in the more biological problem of cell-cell adhesion and neuronal wiring. He was originally trained in the field of molecular genetics and after joining this physics department six years ago has worked to introduce methods of bio-imaging to expand the scope of his research. While fruits of this ambitious effort are yet to be harvested, the record of his previous studies points

towards eventual success. Professor Sano works at the border between general physics and biophysics, mainly from the point of view of nonlinear dynamics. Biophysics problems treated by him include the phase transition in the collapse of a long DNA molecule upon addition of multivalent cations, and the dynamical behavior of genetic networks.

The biological sciences are expanding very rapidly both in depth and width. Now that genome sequence determination has become routine, the biological sciences are moving toward understanding life as an integrated system of gene products individually coded in the genome. Physics, which has accumulated knowledge about how to understand molecules, condensed matter, system dynamics, hierarchic systems, etc., both qualitatively and quantitatively, should play an essential role in the future of biological sciences, both through development of instrumentation and conceptually; at the same time, physics can importantly draw upon the biological sciences for new areas for study of physical systems. The Department, being able to attract the very best students, should produce researchers who contribute significantly in these new developments. The Department must discuss how it can be prepared for such directions, including additional hires, e.g., in theory, and cooperative research with experts at other institutions, e.g., the Komaba campus.

## **2. Condensed Matter**

The eleven members of the experimental and theoretical groups of condensed matter physics are in general outstanding and world class, as one can judge from their publications and the leading roles these members play in their fields. Three members of the condensed matter experiment group, Professors Uchida, Fujimori, and Shimano are involved in one of the most exciting targets in solid phase physics, the study of strongly correlated electronic systems, by spectroscopic methods ranging from terahertz to x-ray. The other three, Professors Fukuyama, Hasegawa, and Okamoto, work on surfaces and interfaces of crystals, also among the most challenging targets in condensed matter physics. It is notable that the faculty has chosen to work in two of the most important fields in solid state physics.

The work carried out by the five members in condensed matter theory in this Department, Professors Aoki, Miyashita, Ogata, Tsuneyuki, and Wadati is excellent, ranging from materials-oriented first-principle calculations of electronic and crystal structures, to more abstract or mathematical treatments of these systems. Condensed matter theory in this Department is naturally intimately related to statistical physics.

Certain members of the condensed matter group are engaged in very ambitious projects, including searches for room-temperature superconductors, and in construction of the statistical physics of systems far from thermal equilibrium, both among the most challenging problems in condensed matter physics today.

In keeping with the 1993 review of the Physics Department, we note that interactions and communication among different subgroups, even among related groups, within the condensed matter physics are very poor -- even between theory and experiment. In addition, despite individual professors being well-known worldwide for their unique or leading roles in this field, the visibility of the condensed matter group as a whole remains rather low. These two problems may be solved simultaneously. A possible course of action that could improve the situation would be for the Physics Department to hold an international workshop in this area every year, such as that on *New Horizons in Condensed-Matter Physics* organized last year. In this way younger generations will have a chance to surmount the barriers among individual laboratories, and enhance joint research among different laboratories, as well as between theorists and experimentalists. At the same time, such workshops would be effective in increasing the visibility of the Physics Department.

### **3. Particles and Nuclei**

#### **Particle Theory**

The particle theory group is world class. Faculty members include two string theorists, Professors Eguchi and Matsuo, and one phenomenologist, Professor Yanagida. With the addition of one more member (into a currently vacant position) who can play the role of bridging the string and the phenomenology groups, the composition of the group would be well balanced. In the future, string theory will involve continuing close collaboration of physicists and mathematicians. The Todai group is traditionally strong in the area of mathematical physics, and we hope that this tradition will be maintained in string theory.

Breakthroughs in phenomenology depend on new experimental data. The most tantalizing experiments include searches for the Higgs particle, proton decay, neutrino mixings, etc., on which one can look forward to substantial progress in the coming years. The group in Todai has played an important role in suggesting many interesting possible models, which would be able to explain the most important parameters. The field of particle theory attracts the most talented students of the country. Thus the group has a special obligation to the Japanese community, which it must take into account in determining the best ways to educate these students for a future in physics and elsewhere.

#### **High-Energy Experiment**

Two members of the high-energy experimental group, Professors Komamiya and Aihara, are playing leadership roles in the Japanese high-energy physics community.

The third member, Professor Minowa, is carrying out an ambitious experiment on dark matter; this experiment is suitable for the small-scale group which the University

can afford and it therefore should be supported strongly. The dark matter problem requires tremendously creative minds; strengthening this group by enlarging it to include related experiments such as monopole searches or other dark matter searches, could help to eventually solve this fascinating problem.

Mainstream high energy physics in Japan is likely in the future to be centered on a linear collider. It is important that the Department starts, however slowly, to prepare for this situation.

*The Center for Elementary Particle Physics*, although outside the evaluation of this committee, plays the positive role of strengthening the international aspect of the high energy physics. Because the Center is very much oriented towards experiments done abroad, the Department needs to strengthen the high energy group itself, to take a leadership role both in developing domestic projects as well as to produce first class high-energy physicists; these activities must be carried out by the Department, not the Center.

## **Nuclear Physics**

Research activities in nuclear physics are conducted by three experimental groups and two theory groups. Our overall impression is that in general these groups, through maintaining an outstanding level by world standards, are producing excellent science. Research is focused in three subfields. The first is traditional nuclear structure physics, whose highlights include: understanding nuclear many-body systems fully utilizing forefront computational technologies, nuclear structure studies of nuclei far from the stability line, and studies of the spin structure of the nucleus. The second area of research is in the quantum chromodynamic (QCD) many-body problem, including problems of deconfinement of quarks at high temperatures and densities, and restoration of chiral symmetry in nuclear matter. The third area includes exotics and fundamental symmetries. Exotic atoms, such as antihydrogen, are used for the study of CPT symmetry. Spin correlations of two protons are used for fundamental research in quantum physics. The interactions between theory and experiment are commendable.

Achievements by the Department on the topics listed above are world class; individual professors in these areas are leaders in the world. The breadth of coverage is also a characteristic feature of this Department; research areas are not limited narrowly to nuclear physics, but extend into intersections with atomic physics and elementary particle physics. The Department has opportunities to take further advantage of the synergy between nuclear physics and atomic and condensed matter physics. The quality of students is also outstanding.

The Department has played an important leadership role in the Japanese nuclear physics communities. In spite of the high academic level of individual professors and students, the Committee felt that this role, which has historically included producing leaders of the field, needs to be strengthened and enhanced. In nuclear physics two major facilities are presently under construction: the RI Beam Factory at RIKEN and

J-PARC at KEK/JAERI. The community desires strong commitments by the Department in connection with both facilities. The departure of Professor Sakurai leaves a hole in its contribution to the RI Beam Factory. In addition, no faculty members are strongly involved in J-PARC. Mechanisms of how to contribute to these two research facilities have to be discussed seriously in the Department.

*The Center for Nuclear Study*, which belongs to the Department, is a strong addition to nuclear physics activities in the Department. The research review for this Center will be performed elsewhere. The present Committee notes that the contribution of the CNS to undergraduate education, using a cyclotron at RIKEN, is significant and excellent.

#### **4. Cosmology and astrophysics**

The cosmology and astrophysics group is composed of five professors and their staff members. The individual professors, who carry out research over wide areas, are top-level and well known throughout the international community. Members of the group, as well as members of the Department of Astronomy, also participate in the Big Bang Center (BBC), discussed below. Since one cannot cleanly separate activities in the BBC from those of the group we discuss the scientific activities of all professors in the cosmology and astrophysics group, and then discuss only additional activities in the Big Bang Center.

Professors Sato and Suto are leading theoreticians in cosmology. Research by Professor Sato on the explosion of supernovae has played a major role in giving a clear understanding of the explosion mechanism. The recent finding of "quantum molecular dynamics" in the exploding supernova core is an interesting phenomena by itself and also gives a new perspective on the opacity of the core, and therefore on the expansion process. Professor Suto's model of the expanding universe predicted cosmic parameters in good coincidence with those later obtained by WMAP. He is actively working in various areas of observational cosmology, including successful detection of the S-Z effect in millimeter wavelengths and observational check of WHIM as a candidate for missing baryons, etc.

The remaining professors, Professors Makishima, Yamamoto, and Tsubono, are leading their groups in astrophysical observations and developments in X-ray, submillimeter waves, and gravitational waves, respectively. These fields of observation, which are growing very rapidly and which present constant need for innovative developments, fit well in university. The groups led by these three professors are yielding leading scientific results, and importantly, attracting good graduate students and training them in development of high-level scientific. Professor Makishima is well known for his observational work on neutron stars and black holes, and is a leading scientist of the new ISAS X-ray satellite Astro-E2 soon to be launched. His policy of letting all Master's degree students participate in instrumental developments seems very successful.

The Mt. Fuji Telescope led by Professor S. Yamamoto is a unique instrument. Operated on the top of Mt. Fuji for six years, it has been producing the highest quality and largest quantity sub-millimeter spectral data of carbon atoms from most major stellar objects. His theory that carbon atoms play a major role in interstellar chemistry is now becoming the standard view. He is also developing observational instruments for shorter wavelengths in the THz region.

The TAMA-300 detector developed and being improved by Professor Tsubono and others, in operation since 1999, is the first successful gravitational detector in the world. Professor Tsubono had led a number of innovative developments for TAMA-300 and is now working toward the realization of LCGT project, the large, sensitive Japanese gravitational telescope with a cooled mirror system.

*The Big Bang Center* led by Professor Sato was established as a COE in 1995, and then re-organized as a temporary institution in 1999. It is composed of four core members (one professor, one associate professor, and two research assistants) covering seven projects covering numerous fields of astrophysics, with several invited from outside. The projects include: the theory of galactic evolution by Associate Professor Shigeyama (of the BBC), the BESS project (the detection of anti-proton and anti-He from universe by balloons, under Professor Yamamoto), the study of nucleon synthesis in various types of supernovae (Professor Nomoto, Department of Astronomy), the SDSS project (the international systematic three-dimensional galaxy survey, under Professor Okamura, Department of Astronomy), and the Magnum project (automated two meter telescope on Haleakala, Hawaii, to establish a new measure of cosmological distances, under Professor Yoshii, Research Center for Astronomy). These are well-designed projects led by profound professors, yielding high-level results. In particular, the SN nucleosynthesis and SDSS projects are already very successful.

As a whole, the scientific activity in the cosmology and astrophysics group is excellent. The cooperation among physicists and astronomers has been quite successful and should be promoted further.

東京大学理学部物理学教室  
評価委員会報告書

2005年1月

東京大学理学部物理学教室

## 東京大学理学部物理学教室評価委員会委員

委員長	菅原 寛孝	総合研究大学院大学 理事
	郷 信弘	日本原子力研究所 教授
	花村 榮一	千歳科学技術大学 教授
	海部 宣男	国立天文台長
	永宮 正治	高エネルギー加速器研究機構 教授
	清水 富士夫	電気通信大学 教授
	Gordon Baym	アメリカ、イリノイ大学 教授

## 評価委員会日程

2005年1月

1月16日(日)	夕方	レセプション
1月17日(月)	午前	打ち合わせ 教育関係説明
	午後	プレゼンテーション 学生との懇談
	夕方	物理学教室教授会構成員との懇親会
1月18日(火)	午前	プレゼンテーション
	午後	評価委員会議 評価委員会全体会議

東京大学理学部物理学教室  
外部レビュー委員会報告書

レビュー委員会委員

菅原 寛孝(委員長)

郷 信広

花村 榮一

海部 宣男

永宮 正治

清水 富士夫

Gordon Baym

外部レビュー実施

2005年1月17 - 18日

## 報告書目次

### 教室全体としての評価・問題点

1. 学部教育
2. 大学院教育
3. 学部大学院共通の問題点
4. 教室運営
5. 採用方針
6. 研究環境

### 個々の研究分野の評価

1. 一般物理
2. 物性物理
3. 素粒子・原子核
4. 宇宙・天体物理

## 教室全体の評価・問題点

### 1. 学部教育

物理教室の最大の強みの一つは学部学生の高い質である。物理教室は引き続き熱心で優秀な学生をひきつけているが、最近では他教室に比較してややその地位が低下してきている。

カリキュラムのレベルは学生に十分であるが、より専門的な講義を付け加える余地がある。学部学生の教育に関して以下の二つ改善点を指摘したい。

1. 学部学生は大学院で進む分野を決めるにあたって困難を感じている。彼らは十分な数の研究グループとの接触を持っていない。彼らが大学院での研究分野を決めるにあたり、より多くの分野や研究プロジェクトに関する情報を与えられるべく配慮すべきである。現在学生は2 - 3のセミナーに通年出席することができるが、教室はより短期間のコースをすべての研究分野について用意すべきであろう。
2. 1993年のレビュー以来多くの努力が払われてきたことは確かであるが、依然として学部教育においてより多くの柔軟性が望ましい。

### 2. 大学院教育

大学院教育と国立大学の再編につれて大きな変化が生じていることは明らかである。こうした変化は必ずしも望ましいものばかりではない。新しい政策の一つの柱は大学院重点化である：目に付く変化としては大学院生数の大幅な増加があるが、院生

数の増加が教育スタッフの増加や教育環境のレベルアップにはつながっていない。もう一つの政策の柱が国立大学の法人化である。法人化とともに院生の研究業績評価が導入されたため、ほとんどの大学の教員は自分の大学の学生に他大学の大学院に進まないように厳しく指導するようになった。東大内部から大学院に進学する学生と、外部から大学院に進学する学生の間にはっきりとした力の差があることが指摘された。現在の学生数を守ることによって予算を確保するか、学生の質の確保をより重視するかは教室のポリシーの問題であり、この点についてレビュー委員会はこれ以上踏み込んだアドバイスをすることは控えたい。

考えられる自然な方策として優秀な学生を外国特にアジア地区からリクルートする可能性がある。初めは、年に5人の学生でも取れれば十分であろう。

外国人学生を連れてくることのメリットとしては物理学の国際的な性格を反映するような、国際的な学習環境を学生たちに提供することであろう。日本語以外でコミュニケーションをとることになれることは学生にとって非常な助けとなる。しかし、外国人学生を連れてくるにはいろいろな困難が伴う。最大の困難は言葉の問題である。外国人学生にとって日本語の授業を取ることが適当であろうか？さらに、日本の学期は外国はのカレンダーと時期的にずれており学年の途中で日本の大学院に進学するのは不都合なこともある。しかし中でも最も重要な問題は外国人の学生をどのようにして研究グループに参加させるかであろう。

現行の制度では、院生は入学以前の入試の時期においてすでにどの研究グループに属するかを決定しなければならない。このシステムでは東京大学に属さない学生は入試以前に大学を訪問しさまざまな研究グループに関する情報をあらかじめ集めて

おく必要がある。この方式は前もって教員や学生と接触する機会がなくウェブページなどからしか情報を得ることができない外国人学生には機能しない。したがって、我々はより柔軟な入試制度——すくなくとも入学してくる学生のうちのある部分は、入学後一年以内に属する研究グループを決定する可能性を考えることを強く勧告する。

### 3. 学部大学院教育共通の課題

学生や院生の代表とのインタビューを通じていくつかの問題点が明らかになった。問題点の多くは教員と学生が定期的に交流を持つことによって解決される性格のものである。以下に問題点をまとめる。

もっとも深刻な問題は学生同士、あるいは教員と学生のあいだのコミュニケーションの不足である。我々は、外国に見られるように各教員が学生が尋ねてこられる時間を指定することを薦める。学生は指定されていない時間に教員を尋ねることが教員の邪魔をするのではないかと非常に遠慮しているようであり、教員に合える時間を指定することはこうした問題を減らすことに役立つと思われる。学生はメールでアポイントメントを取ることを薦める。また、教員は学生との輪講の機会などを増やすように勤めるべきである。レビュー委員会は学生、院生のためのオフィス・スペースが現在教室に作られていることを歓迎する。

その他の要求としては：図書館の開館時間の延長、先端的なトピックスの講義の開講、夏の学校の開催などである。このような問題を継続的に議論していくために、レビュー委員会は教室の中に「学生・教員インターフェイス委員会」を常置して定期的に学生－教員の間の問題を協議していくようにしてはどう

であろう。学生・教員討論集会のようなものを毎年開き学生から学生生活・教育の質の評価などを聞くことは有益であろう。

もう一つの重要な問題点は、教員一人当たりの学生数、現在8名程度、を再評価することが必要であろう。特に大学院に進学してくる学生の質の低下と、大学を終了してからの就職状況を十分に考慮する必要がある。

現在、学生は学振研究員に応募するときのみ、研究テーマや業績の説明を求められる。レビュー委員会は学生が自分の研究について発表する機会を増やすこと、特に研究テーマの選択に引き続いて研究の将来計画などについてプレゼンテーションを行うこと薦める。

学生の経済状況については1993年のレビュー以来相当な改善が見られる。こうした進展にも関わらず学生のサポートは依然不十分であり特に修士課程の学生はほとんどサポートを受けていない。学生の経済的支援の改善は持続的に粘り強く行われる必要があり、修士課程ばかりでなく博士課程の学生においてもやはり必要である。この問題は現在走っているCOEプロジェクトが3年の後に終了したときにより深刻となる可能性が高い。法人化後においては従来のTAやRAの運用にもより多くの柔軟性が望まれる。文部省以来の規制の一部は一部存続するであろうが、今後学生の支援方法は各大学、学部の自主的な運営により多く委ねられるようになるであろう。学生支援のあり方は当然大学の予算によって制約を受けるが、この点は状況に応じて常識的に処理されるべきである。

1993年のレビューは学生の英語能力の低さを指摘している。今回この点において相当な改善が見られたがまだ十分といえるには程遠い状態である。学生は英語のクラスをとることに加え、日本や外国で英語によるサマースクールに進んで出席するべきである。ヨーロッパや米国で行われているように、外国から講師を招待して日本でサマースクールを開催することを薦

めたい。こうしたスクールに出席することで学生は物理学のさまざまな分野に触れることができる。

学生による、授業評価はここ数年定期的に行われている。しかし、その結果を教員に伝え授業や教育方法に積極的に反映していく必要がある。

#### 4. 教室運営

予算と研究補助スタッフ：現在の教室の総額はほぼ十分なレベルにある。理学部からくる年間予算は約2億円で競争的研究経費（科研費）の7億円よりはるかに少ない。ほとんどすべての教員がなんらかの外部資金、科研費などを獲得している。こうした外部資金のため、教室は理学部からの運営資金のほとんどすべてを学生教育や学生のサポートに用いることができる。

しかし、一方でCOEに続く政府の将来的な施策は明らかでなく、教室はその財政的な基盤を強めるためあらゆる機会を捕らえて努力を払っていく必要がある。教室（あるいは理学部）は現在研究補助スタッフを削減する政策を採っているように見える。人員削減は職員管理の点からは健全な施策であるが、スタッフを削減することは往々にして教室の学問的なアクティビティを損なう危険がある。特に、業務のアウトソーシングは一般的に教室の直接雇用によるものよりコストがかかることが多い。

教室の将来像：我々は教室がその将来計画をより明確としこれをアグレッシブに追求することが必要と考える。我々は生物物理や原子物理の分野について議論を行ったが他の新しい分野も考慮されるべきである。我々委員が一致して指摘したいことは、物理教室がその構成員間のコミュニケーションをより活発

化し、教室の将来の方向に関するコンセンサスを得る努力を行うことが重要だということである。

## 5. 雇用ポリシー

教室運営に関する最も重要な問題点の一つはその雇用に関する政策にある。現在の理学部の規則によると教室はその人事のすべてを公募することになっている。この規則を文字通り適用することにはさまざまな不都合があり教室のメンバーから不満の声が出ているが、我々は現在のルール自体は基本的には問題のないものとする。問題は、教室が助教授を教授に昇格させようとした場合、その意図にもかかわらず、教室は開きポストを一つ用意しポジションの公募を行わなければならないことである。レビュー委員会のメンバーはこの問題に関してさまざまな異なる意見を持っており、一致した結論には達しなかった。代表的な意見としては

1. 現在の公募制でよい。昇格候補者はコミュニティーの他の候補者と競争すべきである。
2. 現行のもの以外の昇格制度を導入する：即ち、ケース毎に教室に委員会を作り外部の専門家に候補者の評価と他の研究者との比較を要求する。

この問題に関してはさらに検討を続けることを薦める。現在のシステムは以前に教室全体の一致した合意として導入されたそうであるが、不十分な点があるとすればそれを取り除くため不断に再検討されるべきものであろう。

最後に、教室は外国人の faculty member、女性教員、また女子学生をリクルートして教員、学生の構成メンバーの balan

スを保つよう努力する必要がある。

## 6. 研究環境

研究環境は全体として優れたものである。特に、他の研究機関、理研、宇宙線研、物性研、KEK、宇宙科学研等との密接な協力関係は大きなメリットとなっている。教室の多くのメンバーがこれらの研究機関のプロジェクトにおいて主導的な役割を演じており、研究に参加する学生の教育にも役立っている。このような研究機関の相互依存の関係は将来的にも不可避な方向であり物理教室がこうした広い研究環境の中でその役割を考えることを奨励したい。しかし同時に、分野の重複、過度の独自性などには気をつける必要がある。

## 個々の研究分野の評価

### 1. 一般物理

1993年度のレビューにおいて”現代的な原子物理学は重要な分野であり物理教室が将来において考慮すべき分野である”という優れた提案がなされている。このとき以来、この分野は原子ガスのレーザー冷却やボーズ・アインシュタイン凝縮の研究で6人のノーベル物理学賞を出している。

90年代の半ばから、種々のマクロな量子現象が、ボーズ原子、フェルミ原子において、さらには分子、ガスのレベルで世界の数多くの研究機関で発見されてきた。物理教室にはこうした分野に参入する力量を持つ研究グループがいくつか存在しているが、原子物理学の分野はまだ十分な取り扱いを受けているとはいいがたい。理論的な方面では教室の中に原子物理学への関心がある。たとえば、和達教授はこうした方面で仕事をしている。また、初田教授の仕事は冷却された原子の多体問題に関連がある。レビュー委員会のメンバーの一人(G.Baym)は2002年と2004年の冬学期にボーズ・アインシュタイン凝縮の講義を物理教室で行った。我々は急激に進展する原子、分子そして光物理(AMO)の分野に教室がより大きな関心を払うように繰り返し提言したい。

AMOの分野における教室のアクティビティーの一部は小林教授が担っている。彼は超短時間パルスレーザーの分野で長年にわたって世界記録を保持しており、その技術の改善を積み重ねてきている。教室におけるこうした方面の実験的研究は関連する研究と国際舞台でよく競合する水準を持っている。しかし、このグループがより目立つ地位を確立するためには、その技術

的な業績が新たな物理分野に発展に大きな刺激を与える、あるいは新しい分野の開拓につながってゆく必要がある。

## プラズマ物理

プラズマ物理の研究は高瀬教授（新領域と併任）のグループが担っている。グループは自身の球状トカマク装置を持っており、原研のJT-60UとプリンストンのNSTXと活発な共同研究を行っている。将来は、このグループがITER（International Thermonuclear Experimental Reactor）で中心的な役割を果たすと期待される。

プラズマ物理への多くの寄与の中でも、非常に大きなベータの値を持つプラズマ（ベータはプラズマ圧と磁気圧の比）への寄与が重要である。超高ベータ・プラズマの実現はITER成功の一つの鍵となっている。現存するSTS-2を用いた超高ベータ・プラズマの生成が現在試みられている。

プラズマ実験のグループは小さいが研究水準は大変高い。ITERにおける日本の役割から見て、プラズマの実験的研究の位置づけを大学全体として高めるかどうかはこれからの検討課題であろう。

## 生物物理

生物物理のグループは桑島、能瀬、佐野の3名の教員からなっている。桑島教授の専門はプロテイン・フォールディング（物理と生物の境界領域の最も基本的な問題のひとつ）の実験的な研究であるが、発表論文や国際雑誌の編集者としての活動などから見て指導的な国際水準の研究者と言える。能瀬助教授は細

胞融合やニューロン回路網などのより生物よりの問題を研究している。能瀬助教授はもともと分子遺伝学の分野の出身であるが6年前に物理教室にきてからはbio-imagingの方法を導入してその研究の幅を広げてきた。この野心的な試みはまだ実を結んでいるといえないが、実績から見て成功する可能性は高いと思われる。佐野教授は一般物理と生物物理の境界領域で主に非線形力学の立場から研究を行っている。生物物理の問題として佐野教授が取り扱っているテーマは多価イオンの導入によりDNAがつぶれる相転移の現象、遺伝ネットワークの力学的な振る舞いの研究などである。

生物学は深さ、幅ともに近年著しく進展している。ゲノム配列の決定はすでにごく当たり前の問題となっており、個々のゲノムにこめられた遺伝子情報が全体としていかに統一的な生命体として機能するかを解き明かす段階にきている。分子、物性、システム力学などに関する蓄えられた知識を持つ物理学は、定性的にも定量的にも、実験方法の開発や概念的な発展を通じて生物学の将来に大きな役割を果たすと考えられる。と同時に生物学から物理学の新しい多くの研究対象が提供されている。優れた学生をひきつけることが出来る物理教室はこうした新しい発展に重要な寄与を行う必要がある。物理教室は、新しい教員の採用や駒場キャンパスの生物物理のグループとの提携など生物物理を発展させる方向で将来計画を議論してもらいたい。

## 2. 物性論

実験、理論あわせて11人からなる物性論のグループは、発表論文や個々の分野における研究者の指導的役割から見て、全

般的に傑出しており国際的水準にあるといえる。実験分野のうち3名の教員、内田、藤森、島野は物性分野の現在最も興味ある分野、強相関電子系に関して、テラヘルツからX線の領域にわたる分光学的手法を用いて研究を行っている。残る3名の実験家、福山、長谷川、岡本は、これも物性物理の現在最も興味ある分野である表面や結晶界面の研究を行っている。これらの教員が物性物理の最も重要なテーマに取り組んでいることは重要である。

5名の物性論の理論家、青木、宮下、小形、常行、和達、の行っている研究は優れたもので、物質の電子状態、結晶構造に関する物質に即した第一原理計算から、こうした系のより抽象的な数学的な取り扱いに及んでいる。この教室の物性論は統計力学と密接に関係している。

物性グループのあるメンバーは常温超伝導体や平衡状態から大きく離れた系の構成のような野心的なテーマに取り組んでいる。

1993年のレポートに見るように、異なるグループ、あるいは関連するグループの中でさえ、お互いの交流や相互作用が希薄である。また、個々の研究者で世界的に優れた研究者としてよく知られた人物がいるにもかかわらず、物性物理グループとしての存在感はあまり無い。これらの問題については次のような解決法が考えられる。「物性物理の新しい地平」といったテーマの国際集会を毎年開く。そうすれば若手研究者が個々の研究室や、理論実験の壁を越えて活動する機会を与えるものと期待できる。同時に、こうした国際集会は物理教室を外部にアピールする場としても適当である。

### 3. 素粒子・原子核

## 素粒子論

素粒子理論のグループは世界的水準の研究を行っている。教員は超弦理論の江口、松尾と現象論の柳田からなっている。(現在空きポストになっている)もう一人の教員を弦理論と現象論をつなぐ中間の分野からとれば、バランスのよいグループとなるだろう。将来においても、弦理論は物理・数学の研究者の密接な協力によって進展するものと思われる。東大は数理物理学の分野に強い伝統があり、この伝統が超弦理論の分野で引き継がれることを期待する。

現象論の分野におけるブレークスルーは新しい実験的な発見による。現在最も重要な実験は、ヒッグス粒子の探索、陽子崩壊、ニュートリノ混合などであり近い将来に重要な進展が期待される。東大の現象論グループは重要なパラメータを説明する多くの興味あるモデルを提唱することで重要な寄与を行ってきた。素粒子理論は日本の最も優れた才能をひきつける分野である。こうした意味で素粒子理論のグループは優れた若者をしっかりと教育し、物理その他の分野で活躍できる人材に育てる社会的な責任を負っているといえる。

## 高エネルギー実験

高エネルギー実験グループの2人の教員、駒宮と相原は日本の高エネルギー物理で指導的な役割を負っている。3人目のメンバーの蓑輪は暗黒物質の検出という野心的なプロジェクトを行っている。この研究は大学がサポートできる小規模の実験グ

ループによるものである。暗黒物質の探索は非常に創造的な思考を要するテーマで、モノポールや他の暗黒物質の探索などとあわせてこのグループを大きくすることがプロジェクトの最終的な成功に導く可能性もある。

高エネルギー物理の主流は将来、線形加速器の建設に移っていく可能性が高い。物理教室はゆっくりであってもこうした事態に対応する準備をはじめべきであろう。

素粒子国際センターはこのレビューの対象外ではあるが、高エネルギー物理の国際的な側面を補強する積極的な役割をもっている。センターは外国における実験が主要業務であり、物理教室は高エネルギーグループの強化、国内プロジェクトの遂行、一流の高エネルギー実験家の育成などに指導力を発揮する必要がある。これらの任務は物理教室が遂行すべきものであって、センターの仕事ではない。

## 原子核物理

原子核物理の研究は3つの実験グループと2つの理論グループによって行われている。全体に国際レベルの高い研究水準をもっているが、活動分野としては次の3つに大別される。1番目は伝統的な核物理で、多体系としての原子核の解明（最新のコンピュータによる数値計算を用いる）、安定曲線から遠く外れた原子核の構造、核のスピン構造の解明など。2番目はQCDを用いた、高温高密度物質におけるクオーク閉じ込めの解消、カイラル対称性の回復などの研究。3番目はエキゾチックな物質と基本法則。すなわち、反水素原子とCPT対称性の検証。スピン相関をもちいた量子力学の基礎に関する研究などである。

上に挙げた各分野における業績は国際水準にある。ここの教

官はこれらの分野の国際的リーダーである。これらのテーマにみられる研究の幅は物理教室固有のもので、原子核物理にとどまらず、原子物理や素粒子物理に及んでいる。教室はさらに物性分野との連携を試みることも考えられる。学生の質もきわめて高い。

物理教室は日本の原子核のコミュニティーにおいて指導的役割を果たしてきた。レビューコミティーは個々の教員の高い学問水準よりも歴史的に指導者を生み出してきた教室の役割をこれからも強化していく必要を感じた。現在、原子核分野では2つの主要な施設が建設中である。すなわち、理研のRIビーム・ファクトリーとKEKのJ-PARCである。原子核物理のコミュニティーは物理教室がこれらの施設の運営に強く関与することを望んでいる。桜井助教授の転出はRIビームファクトリーに関する東大の寄与に空席を作った。また、J-PARCに関しては強く関与する研究者がいない。これらの研究施設に対する対応の仕方を物理教室で議論する必要があると考える。

物理教室の付属する原子核科学研究センターは原子核グループに対する強固なサポート役を果たしている。このセンターのレビューは他に行なわれる。理研サイクロトロンを用いた学部学生の教育に関するセンターの活動は高く評価される。

## 宇宙物理と天体物理

宇宙物理と天体物理のグループは5名の教員からなっている。個々の教員はトップレベルであり国際的にも良く知られている。

佐藤教授、須藤助教授は宇宙物理の理論家である。超新星爆発に関する佐藤教授の研究は爆発機構に関する理解を明確にした。爆発する超新星コアでの "量子分子動力学" は興味深い現象で、コアの透明性に関する新しい観点を可能にした。須藤助

教授の膨張宇宙のモデルは後に WMAP で決められた宇宙論のパラメータとよく一致した値を与えた。彼は、さまざまな観測的宇宙論のテーマを追求しており、ミリメートル領域での始めて S-M 効果を検出、バリオン数をにやう WHIMP の候補の観測などを行っている。

残りの3名の教員、牧島、山本、坪野は X 線、サブミリ波、重力波を用いた天文学的観測を行っている。これらの実験分野は急速に発展しており創意工夫を必要とする分野で大学に適している。これらの教員の進める研究は優れた結果を出しておりまた優秀な学生をひきつけている。牧島教授は中性子星・ブラックホールなどに関する観測的研究でよく知られておりい近く打ち上げ予定の ISAS X 線衛星である Astro-E2 の指導的研究者である。彼はすべての修士課程の学生を観測装置の開発に参加させているが、これは大変うまく行っている。

富士山頂の山本教授の望遠鏡は過去6年間にわたって、多くの星間物質の炭素原子からでるサブミリ波を高精度、高濃度でとらえ非常にユニークな役割をはたした。彼の提唱した星間空間の化学における炭素原子の重要性は広く認められつつある。彼はまた、より短波長領域 (TH z) における観測装置の開発を行っている。

坪野教授らにより改善された TATA - 300 は1999年から稼動した最初の重力波観測装置である。彼は TATA - 300 の改良に多くの新機軸を開発し、現在は冷却鏡装置を用いる重力波望遠鏡 LCGT プロジェクトの開発に向かって働いている。

佐藤教授をセンター長とするビッグバンセンターは1995年に COE として発足し、その後1999年にセンターに転換した。4名の所員、ビジター、外部協力者などからなり天体物理学のさまざまな分野の研究を行っている。現在、茂山助教授による galactic evolution の理論、BESS プロジェクト (気球による反陽子、反ヘリウムの観測、KEK 山本教授)、超新星による核

合成（天文教室、野本教授）、SDSSプロジェクト（3次元的な銀河分布の観測、天文教室、岡村教授）、マグナム・プロジェクト（ハワイ2m望遠鏡、天文センター、吉井教授）などのプロジェクトが走っている。これらはいずれも優れた研究で、核合成、SDSSについてはすでに成果が上がっている。

全体として、宇宙物理、天文物理のグループの活動は大変優れたものといえる。物理学者、天文学者は協力しあって研究を進めており引き続き協力関係が深められると期待される。