

2010 年度非平衡物理学 (nonequilibrium physics) ガイダンス

2010.10.6 担当 吉森 明 (Yoshimori Akira)

①担当者 (teacher)

吉森 明 (Yoshimori Akira)

e-mail a.yoshimori@cmt.phys.kyushu-u.ac.jp

部屋 (office) 2639(6 階エレベーターの前) TEL 092-642-2563

とにかく質問 (question) して下さい。意見 (opinion) や感想でも良いです。分からない事があつたらすぐ質問して下さい。概念的な理解 (understanding of ideas) を目指したいので、質問や議論 (discussion) は重要 (important) です。質問の場所 (place) や時間 (time) は選びません。分からない授業 (lecture) は、お互いに時間の無駄なので、お互いに努力 (effort) したいです。

オフィスアワー (部屋 (office) に必ずいる時間 (time))

毎週 (every week) 月曜日 (Monday) 15:00 ~ 16:00

②目的 (purpose)

非平衡物理 (nonequilibrium) について次の現象 (phenomena) を中心に (mainly) 扱う。

- 平衡状態 (equilibrium state) への緩和現象 (relaxation phenomena)
- ゆらぎ (雑音 (noise)) が大きい

これらの現象 (phenomena) に対して、蓄積された概念 (ideas) や方法論 (theories) のあらましを理解する (understand)。それらの仮定 (assumption) と導出 (derivation) をブラウン運動 (Brownian motion) の方法論 (theory) を通して理解し、使う時 (when you use it) の足がかり (hint) を得る。

物理 (physics) の定理 (theorem) や法則 (law) に限らず、すべての主張には前提 (仮定) (assumption) があり、その前提 (assumption) とは何か (what) を考える (think) 態度 (attitude) を身につける。

③関連している (related) 研究 (study) テーマ (参考)

物理関係 (physics): ブラウン運動 (Brownian motion): コロイド粒子 (colloidal particles) の運動 (motion)、分子モーター (molecular motor)、熱雑音 (thermal noise)、液体 (liquid)、ガラス、確率過程 (stochastic process) の計算機シミュレーション (simulation)、ブラックホール (black hole) の熱力学 (thermodynamics)、プラズマ (plasma)

線形応答 (linear response): 誘電率 (dielectric constant)、磁化率 (magnetic susceptibility)、電気伝導 (electrical conduction)、中性子 (neutron)・X線 (X-ray) 回折 (diffraction)、レーザー (laser)(ただし、古典論 (classical mechanics))

不可逆過程: 粒子拡散 (diffusion of particles)、熱拡散 (thermal diffusion)、粘性 (viscosity)、結晶成長、熱電対、Peltier 効果 (effects)、NMR

化学関係 (chemistry): ブラウン運動: 化学反応 (chemical reaction) に対する溶媒 (solvent) の粘性 (viscosity) の効果 (effects)

線形応答: レーザー (laser) 等による分光 (spectroscopy)

不可逆過程: 溶液中 (in a solution) の分子 (molecules) の並進拡散 (translational diffusion)・回転拡散 (rotational diffusion)、溶液 (solution) の粘性 (viscosity)

その他 (others): ブラウン運動: 経済物理 (econophysics)(株価の変動 (change in prices))、生物の個体数の増減、集団遺伝

④必要な (required) 知識 (knowledge)

必要ない (not required) よう、努力 (effort) しますが、わからない事があったら言って下さい。数学 (mathematics) は、簡単な (simple) 複素関数論 (complex analysis) やフーリエ変換 (Fourier transform) を使います。

⑤成績評価

毎回宿題 (配点付き) を出題するので、レポートにして提出する事 (別紙参照)。

100点満点。60点以上で単位認定。毎回出さなくて良いです。締め切りは、1月か2月。追って連絡します。ただし、返却希望者は、締め切りより早く出して下さい。返却した場合は、再提出する必要があります。

⑥内容 (contents)

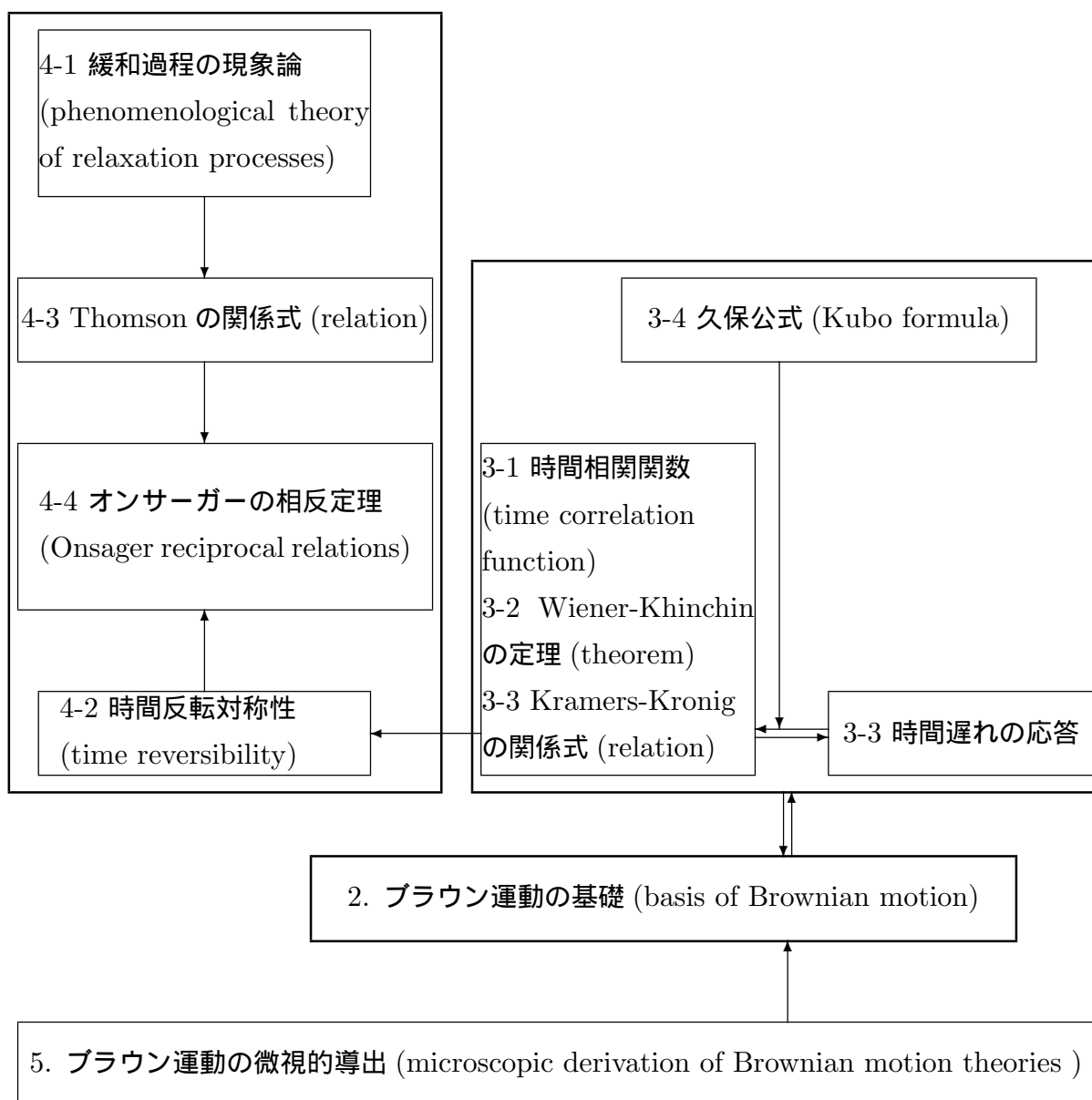
スケジュール (plan)

1. はじめに (introduction) (10月6日)

2. ブラウン運動の基礎 (basis of Brownian motion)
    - 2-1 ランジュバン方程式 (Langevin equation) (10月13日)
    - 2-2 フォッカー・プランク方程式 (Fokker-Planck equation) (10月20日)
    - 2-3 第2種揺動散逸定理 (second fluctuation dissipation theorem) (10月27日)
    - 2-4 遷移確率とブラウン運動の例 (transition rate and examples of Brownian motion)(2. のまとめ (summary)) (11月10日)
  3. 線形応答理論 (linear response theory)
    - 3-1 時間相関関数 (time correlation function) (11月17日)
    - 3-2 Wiener-Khinchin の定理 (theorem) (11月24日)
    - 3-3 Kramers-Kronig の関係式 (relation) (12月1日)
    - 3-4 時間遅れの応答 (time delayed response) (12月8日)
    - 3-5 久保公式 (Kubo formula) (12月15日)
  4. 緩和過程と相反定理 (relaxation process and Onsager reciprocal relations)
    - 4-1 緩和過程の現象論 (phenomenological theory of relaxation processes) (12月22日)
    - 4-2 時間反転対称性 (time reversibility) (1月12日)
    - 4-3 Thomson の関係式 (relation) (1月19日)
    - 4-4 オンサーガーの相反定理 (Onsager reciprocal relation) (1月26日)
  5. ブラウン運動の微視的導出 (microscopic derivation of Brownian motion theories)  
(森理論 (Mori theory)) (2月2日)
- 補講 予備日 (reserved day)(2月9日)

ただし、集中講義 (other classes) など欠席 (absent) 者が多い場合 (case)、休講 (no class) にします。あらかじめ欠席することが分っていれば連絡して (let me know) 下さい。

全体像 (flowchart)



⑦授業のやり方 (remark)

- 時間厳守 (Don't be late.)。遅刻厳禁 (Don't be late.)。数年前 (some years ago) は、だれもいないことがありました。遅刻 (late) するなら欠席 (absent) しろと言っているわけではなく、10:30 には必ず来て下さい。
- 毎時間 (every class) プリント配布 (give some papers)。机 (table) の上におくので、各自取って下さい (take some papers)。内容 (contents) は各章 (each

section) の始めに目標 (goal)、目次 (plan)、仮定 (assumption)、結論 (conclusion)、問題 (problems) などをおくほか、授業 (lecture) の内容をできるだけせるつもりです。最後 (last) に宿題 (homework) がかいてあります。プリントは、ページ番号がおおしてついていて、www から過去 (previous) のもふくめ pdf ファイルをダウンロードできるようにするつもりです。

- 授業 (class) のはじめに皆さん (students) をさして、復習 (review) をしてもらいます。
- 授業 (class) の改善 (improvement) を目的 (purpose) として、アンケート 2 回取るつもりです。

#### ⑧参考文献 (reference)

授業 (lecture) 中には使わない (not use) ので、買う (buy) 必要 (not necessary) はありません。しかし、これらの本 (reference) をしっかり読めば (read)、授業をきかなくても宿題 (homework) はとけるようになります。ただし、授業の説明 (explanation) はこれらの本にそっていませんので、注意 (note) して下さい。

1. 「非平衡系の統計力学」北原和夫 (岩波書店)  
学部学生向けで分かりやすい。比較的新しい。2 章の 7「現象論的發展方程式」が授業の 4、4 章「拡散現象」が 2. に関係している。
2. ランダウ・リフシッツ「統計物理学下」小林秋男他訳 (岩波書店) 12 章  
古典的な教科書。この本の §118 から §126 までが、授業の 5. 以外のすべてに対応している。ただし、説明の仕方は、かなり授業と違うので注意が必要。
3. 現代物理学講座「統計物理学」5 章 6 章、戸田盛和、久保亮五編集 (岩波書店)  
この本も古典的な教科書。§5.1 と §5.2 は、授業の 2. に、§5.4 は、3-2. に関係している。§6.9 は、5. と関係している。
4. ライヘル「現代統計物理学下」鈴木増雄訳 (丸善)  
非平衡物理の教科書は、具体例が少ないものが多いが、この本は多い。14 が授業の 4. と関係していて、オンサーガーの相反定理の例が D に載っている。15 は、2. と 3. に関係している。
5. “Theory of Simple Liquids”, Hansen and McDonald (Academic Press)  
液体 (liquid) の理論 (theory) がまとめてある洋書 (English)。ただし、Chapter 7. よりあとは、非平衡系 (nonequilibrium) の理論が含まれている。7.1 は、授業の

3-1、7.3 は、2-1 と関係している (relate)。Chapter 9. は、5. と関係している。

6. 物理 One Point 「ブラウン運動」米沢富美子 (共立出版)

歴史的経緯が詳しく書いてあり、読み物として面白い。特に、ブラウン運動が原子論と深い関わりがあったことが良く分かる。ランジュバン方程式に付いてもきちんと解説があるが、授業とは筋立てがかなり違うので、授業の助けにはならないかも知れない。

## 2009 年度非平衡物理学 レポートについて

2009.10.6 担当 吉森 明

成績評価は、このレポートでします。単位の必要な人は、提出して下さい。

締め切りは、1 月か 2 月ですが、合格点 (60 点) の自信の無い人はもう少し早く出して下さい。早く出した場合は、返却して得点をお教えします。

- 毎回配布しているプリントの末尾にある「宿題」を 100 点分解答して、レポートする事。60 点以上で単位認定。ただし、毎回 60 点以上取る必要はありません。採点は、半期の講義通して 100 点満点です。60 点以上の自信の無い方は、多めに解答して下さい。
- 1 度提出されていても返却された場合、必ず再提出して下さい。再提出されなければ、0 点になります。
- 必ず 手渡し にすること。ポストに入れておくのは不可。部屋まで持ってきて下さい。
- 解答は、A4 の紙に書いて下さい。電子媒体の場合はテキストファイルのみ。
- 所属 (専攻、学生番号)、氏名を忘れずに書いて下さい。
- 連絡先 (電子メールアドレス、内線など) を書いて下さい。レポート提出後、内容について、問い合わせをする事があります。もし、連絡先が無い場合、合格点に満たなくても、連絡しませんのでご了承下さい。
- 他人のを写した場合、写させた人も含めて無効 (0 点) になります。参考文献がある場合には、明記して下さい。