

| | |
|----------|---|
| 氏名. (本籍) | ^い 伊 ^{とう} 藤 ^{しやう} 昭 ^{ぞう} 三 |
| 学位の種類 | 理 学 博 士 |
| 学位記番号 | 理 第 2 6 0 号 |
| 学位授与年月日 | 昭和 44 年 12 月 17 日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第 5 条第 2 項該当 |
| 最 終 学 歴 | 昭和 3 1 年 3 月 東京理科大学第 2 部物理学科卒業 |
| 学位論文題目 | A Mechanism of Turbulent Diffusion in the Atmospheric Surface Layer (接地気層における乱流拡散の機構) |
| 論文審査委員 | (主査) 教 授 山 本 義 一 教 授 鈴 木 次 郎 教 授 上 山 弘 助教授 大 西 外 史 |

論 文 目 次

| | |
|-------|---------------------|
| 緒 論 | |
| 第 1 部 | 不安定な大気中における乱流拡散係数 |
| 第 2 部 | 安定な大気中における乱流拡散係数 |
| 第 3 部 | 普遍定数と特徴的な安定度の検証 |
| 第 4 部 | 乱流拡散 |
| 第 5 部 | 大気拡散の数値実験 |
| 第 6 部 | 大気境界層における乱流輸送の機構(1) |
| 第 7 部 | (2) |
| 要 約 | |

論 文 内 容 要 旨

緒 論

温度成層をもった接地気層における乱流場の記述に関する Monin-Obukhov の相似理論を基礎にして乱流輸送の機構が議論される。

第 1 部 不安定な大気中における乱流拡散係数

この論文の第 1 部では U. S. A., AUSTRALIA などにおいて得られた風速, 温度の観測結果を用いて不安定成層における風速分布, 温度分布, 乱流拡散係数が広範囲の安定度について, 相似理論から導かれた普遍関数から検討される。また, それぞれ安定度領域によってことなる普遍関数の成り立つ安定度領域および普遍関数に含まれる定数が確認される。

第 2 部 安定な大気中における乱流拡散係数

第 2 部では安定な成層における普遍関数および乱流拡散係数が議論される。不安定成層と同様普遍関数に含まれる定数が確認される。

第 3 部 普遍定数と特徴的な安定度の検証

第 3 部では, これ迄に得られた乱流拡散係数および鉛直方向の乱流成分の測定値を用いて, 普遍関数, その安定度適用領域, 関数に含まれる定数が検証される。

第 4 部 乱流拡散

第 4 部では, Taylor 流の統計的乱流拡散理論と拡散係数を関係づけ広範囲の安定度領域に対し典型的な成層状態における鉛直方向の拡散による拡りと風下距離の関係が求められる。その結果はこれ迄に得られた接地気層内の拡散実験によって検証され, 現在我が国で実用的に多く使用されている Pasquill chart (1961) が典型的な成層状態における乱流特性をとり入れることによって説明できる結果を示してある。

第 5 部 大気拡散の数値実験

第 5 部では Pick - 型の拡散方程式により複雑な成層状態および地面上の草木による障害物の影響を受けた拡散を数値実験によって示し, Green Glow Project と呼ばれる一連の拡散資料と比較され第 2 部において議論された普遍関数が確認される。

第 6 部 大気境界層における乱流輸送の機構(1)

第 6 部では, 第 1 部から第 5 部迄に得られた乱流拡散係数に含まれる乱れのスケールについて議

論をするため富津海岸で行った一連の観測結果および不十分な資料はGreat Plain Project と呼ばれる観測結果から平均場の資料のみを利用し、風速、温度、水蒸気の鉛直方向の傾度の無次元量を使ってその普遍式を検討し、実測値との比較が行なわれる。それらの普遍式は多少のばらつきはあるが、風速、温度、水蒸気の鉛直分布によく適合する。

普遍関数を確証するため、無次元の運動量、顕熱、水蒸気の流束が解析され、その関数形の普遍性が確かめられる。

第7部 大気境界層における乱流輸送の機構(2)

第7部では Richardson 数に対する普遍関数の組み合わせから、さらにその適合性が検証され、普遍関数と乱れの場の特徴的な長さについての討論およびその普遍性が研究される。

乱れのスケールが不安定成層では不安定度と共に大きくなり、安定と共に小さくなることが示される。

また風の場合、温度の場合、水蒸気の場合でそれらが少しずつことなることが導かれる。

さらに、導いた普遍式から乱流拡散係数がそれぞれ次の式によってあらわされることを示した。

$$\begin{aligned} K_M &= \epsilon^{1/3} \cdot L_u^{4/3} \\ K_H &= \epsilon^{1/3} \cdot L_u^{1/3} \cdot L_\theta \quad (1) \\ K_w &= \epsilon^{1/3} \cdot L_u^{1/3} \cdot L_w \end{aligned}$$

こゝに K_M は運動量の拡散係数、 K_H は熱の拡散係数、 K_w は水蒸気の拡散係数であり、 ϵ は乱れの消散率、 L_u は風の場の特徴をあらわすスケール、 L_θ は温度の場の特徴をあらわすスケール、 L_w は水蒸気の場の特徴をあらわすスケールである。(1)式であらわされるように顕熱および水蒸気の輸送に風の場が陽に相互干渉していることが示される。(1)式はRichardson (1926)やHeisenberg (1948)の有名な乱流拡散係数がスケールの4/3乗に比例することを示したものである。

さらに乱流場を制御する方程式系について討論がなされ、運動エネルギー、熱エネルギーおよび運動方程式から導かれる平均流方向の方程式、平均温度の方程式および鉛直方向における浮力を含んだ5つの方程式系が重要であることをのべ、簡単な解析から鉛直流の大きさ (\bar{w}^2) が高さの2/3乗によって自由対流領域で変化することが示されPerepelkina (1962)の観測と一致することに言及されている。

最後に再び乱流拡散が第6部、第7部において得られた結果から検討され、最も簡潔な表現として、接地気層における鉛直方向の乱流拡散は安定度によって大きく変化する。風下距離の変化にともなう鉛直方向への拡りの割合は風のシャーと風速によってほぼ決められることが得られた。風下距離に対する鉛直方向の拡りの割合は風速のシャーおよび風速が小さい程大きく、風速のシャーおよび風速が大きくなる程小さくなることが示される。

要 約

鉛直方向における乱流拡散による拡り方は接地気層における温度成層の影響を大きく受け、普通あらわされる拡り方と風下方向の距離の関係は巾指数が更に風下距離の関数となり得る。

乱流拡散係数は運動量、顕熱、水蒸気によってことなる観測がなされ、顕熱および水蒸気の乱流拡散係数には運動量の場が干渉し得ることが示される。

さらに、鉛直方向の拡りの風下距離に対する割合は、平均風速の分布と風速のシャーの分布によって決り、平均風速が弱く、風速のシャーが小さいほど大きくなり安定度に関係する。

論文審査結果の要旨

伊藤昭三提出の論文は温度成層をもった接地気層における乱流場の観測結果を Monin-Obukhov の相似理論をよりどころにして、次元解析によって整理し、乱流輸送の機構について考察を加えたものである。

まず第1～第3部においては Monin-Obukhov の相似理論をふまえて、基本的には次元解析により、従来数多くの文献にのっている観測結果を整理し、不安定な成層および安定な成層につき、それぞれ、風速および温度の垂直分布に対する解析式を求めた。その途中で乱れのスケールを表すパラメーターを定義し、安定度によってそれが如何に変化するか（不安定になると大きくなり、安定になると小さくなる）を量的に示している点は興味がある。第4部では Taylor の統計的乱流拡散理論と1～3部で得られた拡散係数とを関連づけ、鉛直方向の拡散と風下距離との関係が種々の安定度のもとに求められ、観測と一致することが示される。第5部では1～4部で確められた拡散係数を用いて拡散の数値実験を行ない、アメリカで行なわれた Green Glow Project で得られた拡散のデータと比較してよい一致を得た。

第6部ではこれまでに得られた関係を更に確める為に、風速、温度、湿度の垂直傾度の無次元量を使って、無次元の運動量、顕熱、水蒸気の流束が解析され、米国の Great Plain Project の data および日本の気象研究所が富津海岸で行なった data と比較することによって、夫々の函数形の普遍性が確められた。

第7部では乱れの消散率と夫々風の場、温度の場および水蒸気の場の特質をあらわすスケールを用いて、夫々運動量、熱、水蒸気の拡散係数を解析的に示した。ただ、この最後の部は夫々の場のスケールを表す量の間関係を明らかにすることが望まれるが、これは今後の問題と考えてよからう。

これは要するに、本研究は乱流輸送に関してこれまで行なわれてきた数多くの観測を、Monin-Obukhov の相似理論に立脚した次元解析によって系統的に整理することが出来ることを示したものでこの分野に一つの進歩をもたらしたものである。

よって伊藤昭三提出の論文は理学博士の学位論文として合格と認める。