ついて述べることにする。繊維強化における次のような疑問があるだろう。3.2 節および 3.3 節のモデルはどのくらい実際の現象を表現しているのか？　結局のところ，無限体としての解として扱っているに過ぎない。また実際の繊維直径は均一である。したがって，理想化されたモデルと現実の違いというのは大きく感じる。しかしながら，実際はそれほどでもない。

に幾何形状に敏感

E_{11} の式（3 章-2.5）は複合則そのもので，実験と合うことは広く認知されている。同じようなことは ν_{12} にも言える。μ_{23}, K_{23}, μ_{12} のうち，μ_{23} が最も幾何形状に敏感だろう。E_{22} も同様である。ただし，これらに関して，いずれも~~モデルは~~よく実験を再現することが知られている~~している~~。また，理論解を均一繊維直径の数値シミュレーションと比較するのは大変意義がある。Behrens[4.10] によって，Chen と Cheng[4.11] の数値解を用いた検討がなされている。特に，E_{11}，ν_{12}，K_{23}，μ_{12} は複合材円柱モデルと，μ_{23} は（2.2）の下界と近いことが報告されている。これは，図 4.2 に示されるように，μ_{23} において 3 相モデルと下界とが近いことからも納得いくだろう。

つまり，簡単な幾何形状に置き換えた等価モデルというのは大変有効であるという結論に達するだろう。ただし，剛性の比には注意が必要である。また，複合材円柱モデルや 3 相モデルが μ_{23} に対して均一繊維直径でかつ高体積含有率で~~現実的な~~解を与えるとは思えない。しかしながら，これらは極めて妥当な解を与えるのである。加えて~~また~~，これらは解析的に得られている。ただし，特定の問題~~を~~においては~~対象とした~~経験則が用いられることもあることを付け加えておく。

4.4 節では繊維がランダムに配向されている場合について調べる。この際に，一方向複合材料における特性を利用する必要がある。E_{11}，ν_{12}，K_{23}，μ_{12} については複合材円柱モデルが，μ_{23} に関しては，複合材 3 相モデルが必要である。μ_{23} に関しては，（2.2）の下界の解も用いられる。繊維状強化が終わったのちには，板状介在物がランダム配向されている場合について説明する。

4.4　繊維強化複合材料の等方的等価剛性

第 3 章にて一方向複合材料における特性を導出してある。そこで，ランダム配向された繊維状介在物を含む場合について紹介する。本節では 3 次元にランダム配向の場合と，2 次元ランダム配向の場合について述べることにしよう。

3 次元の場合

3 次元の場合を考えよう。当然，この場合，等方性になる。3.5 節と同様に扱うこともできる。つまり，楕円体介在物として扱う方法である。しかし，この場合，体積含有率が低いときにしか使えないので，ここでは違う方法を用いよう。ここでは，もっと一般的な方法を紹介する。図 **4.3** に示されるような状況を考える。つまり，連続繊維がランダム配向されている状況である。ただし，図 4.3 の境界値問題を解くのはあまり得策とは言えない。そこで違う方法を考えよう。

つまり，図 4.3 そのものを考えるのをやめることにする。単に，変形とそれに伴う繊維のひずみについてだけ考えよう。図 4.3 の状態に変形を加えると繊維にひずみが生じる。このひずみについてのみ議論することにしよう。よって，一方向材に生じる応力を利用しよう。ここでは，巨